UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE
PLANIFICACIÓN DE LOS NODOS E INFRAESTRUCTURAS LOGÍSTICAS EN
UN TERRITORIO, CONSIDERANDO EN SU PLANIFICACIÓN EL IMPACTO
SOBRE LOS DIFERENTES COMPONENTES TERRITORIALES.

TESIS DOCTORAL

JORGE QUIJADA ALARCÓN
Ingeniero Civil
Máster en Sistemas de Ingeniería Civil

MADRID, 2016

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE
PLANIFICACIÓN DE LOS NODOS E INFRAESTRUCTURAS LOGÍSTICAS EN
UN TERRITORIO, CONSIDERANDO EN SU PLANIFICACIÓN EL IMPACTO
SOBRE LOS DIFERENTES COMPONENTES TERRITORIALES.

TESIS DOCTORAL

AUTOR: Jorge Quijada Alarcón
Ingeniero Civil
Máster en Sistemas de Ingeniería Civil

DIRECTORES: Nicoletta González Cancelas
Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Alberto Camarero Orive
Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Licenciado en Economía
Licenciado en Administración y Dirección de Empresas

MADRID, 2016

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

E. T. S. DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

Departamento de Ingeniería Civil – Transporte y Territorio

Tribunal nombrado por el Magfco. Y Excmo. Sr. Rector de la Universidad Politécnica de Madrid

Presidente:

Vocal 1º:

Vocal 2º:

Vocal 3º:

Secretario:

Realizado el acto de defensa y lectura de la Tesis Doctoral el día de de 2016,
acuerdan otorgar la calificación de

EL PRESIDENTE

LOS VOCALES

EL SECRETARIO

A Lili y Jorge,

cuyo amor siempre me acompaña.

I don't know what

I may seem to the world,

but as to myself,

I seem to have been only like a boy

playing on the sea-shore and diverting myself in now

and then finding a smoother pebble

or a prettier shell than ordinary,

whilst the great ocean of truth

lay all undiscovered before me.

(Isaac Newton)

Agradecimientos

Primero, quiero agradecer a mis Directores de tesis: Nicoletta González Cancelas y Alberto Camarero Orive, por servir de guía a través de estos años de desarrollo de mi doctorado y haber afrontado juntos este proyecto de investigación que se materializa en este documento de Tesis Doctoral. Agradezco también a Francisco Soler Flores por su apoyo con el desarrollo de los modelos a través de las aplicaciones informáticas.

A mi madre Lili - Élide Alarcón de Quijada -, y a mi padre Jorge Luis Quijada Vasquez por haber estar presente en cada momento de mi vida; sin ustedes no sería quien soy hoy. A mi hermana Yaquira, y mis hermanos Luis y Reinaldo por todo su amor y apoyo. A mi sobrino Jorge, a quien vi crecer en la más cercana distancia, estando presente en cada llamada. A mi sobrino Enrique, por traer alegría a nuestra familia.

A Roberto, por haber compartido estos años de doctorado y haberme apoyado en todo momento; y a mi pequeña Breisa, por iluminar mis días con su esencia.

A Sobeida y a Lorena, por haber sido mi segunda familia en mis años en Madrid.

A mis amigos en Madrid (y el mundo): Angelica, Jack, Jorge, Patricia y Sergio,
porque uno siempre encuentra personas maravillosas con las cuales compartir
buenos momentos.

A mis amigos en Panamá, que estuvieron pendientes de mi a lo largo de estos años.

A todos ustedes, les doy mi mas profundo y sincero agradecimiento.

Resumen

Esta tesis presenta el diseño y la aplicación de una metodología que permite la determinación de los parámetros para la planificación de nodos e infraestructuras logísticas en un territorio, considerando además el impacto de estas en los diferentes componentes territoriales, así como en el desarrollo poblacional, el desarrollo económico y el medio ambiente, presentando así un avance en la planificación integral del territorio.

La Metodología propuesta está basada en Minería de Datos, que permite el descubrimiento de patrones detrás de grandes volúmenes de datos previamente procesados. Las características propias de los datos sobre el territorio y los componentes que lo conforman hacen de los estudios territoriales un campo ideal para la aplicación de algunas de las técnicas de Minería de Datos, tales como los árboles de decisión y las redes bayesianas. Los árboles de decisión permiten representar y categorizar de forma esquemática una serie de variables

de predicción que ayudan al análisis de una variable objetivo. Las redes bayesianas representan en un grafo acíclico dirigido, un modelo probabilístico de variables distribuidas en padres e hijos, y la inferencia estadística que permite determinar la probabilidad de certeza de una hipótesis planteada, es decir, permiten construir modelos de probabilidad conjunta que presentan de manera gráfica las dependencias relevantes en un conjunto de datos. Al igual que con los árboles de decisión, la división del territorio en diferentes unidades administrativas hace de las redes bayesianas una herramienta potencial para definir las características físicas de alguna tipología específica de infraestructura logística tomando en consideración las características territoriales, poblacionales y económicas del área donde se plantea su desarrollo y las posibles sinergias que se puedan presentar sobre otros nodos e infraestructuras logísticas.

El caso de estudio seleccionado para la aplicación de la metodología ha sido la República de Panamá, considerando que este país presenta algunas características singulares, entre las que destacan su alta concentración de población en la Ciudad de Panamá; que a su vez a concentrado la actividad económica del país; su alto porcentaje de zonas protegidas, lo que ha limitado la vertebración del territorio; y el Canal

de Panamá y los puertos de contenedores adyacentes al mismo.

La metodología se divide en tres fases principales: Fase 1: Determinación del escenario de trabajo 1. Revisión del estado del arte. 2. Determinación y obtención de las variables de estudio. Fase 2: Desarrollo del modelo de inteligencia artificial 3. Construcción de los árboles de decisión. 4. Construcción de las redes bayesianas. Fase 3: Conclusiones 5. Determinación de las conclusiones.

Con relación al modelo de planificación aplicado al caso de estudio, una vez aplicada la metodología, se estableció un modelo compuesto por 47 variables que definen la planificación logística de Panamá, el resto de variables se definen a partir de estas, es decir, conocidas estas, el resto se definen a través de ellas. Este modelo de planificación establecido a través de la red bayesiana considera los aspectos de una planificación sostenible: económica, social y ambiental; que crean sinergia con la planificación de nodos e infraestructuras logísticas.

Abstract

The thesis presents the design and application of a methodology that allows the determination of parameters for the planning of nodes and logistics infrastructure in a territory, besides considering the impact of these different territorial components, as well as the population growth, economic and environmental development.

The proposed methodology is based on Data Mining, which allows the discovery of patterns behind large volumes of previously processed data.

The own characteristics of the territorial data makes of territorial studies an ideal field of knowledge for the implementation of some of the Data Mining techniques, such as Decision Trees and Bayesian Networks.

Decision trees categorize schematically a series of predictor variables of an analyzed objective variable. Bayesian Networks represent a directed acyclic graph, a probabilistic model of variables divided in fathers and sons, and statistical inference that allow determine the probability of certainty in a hypothesis.

The case of study for the application of the methodology is the Republic of Panama. This country has some unique features: a high population density in the Panama City, a concentration of economic activity, a high percentage of protected areas, and the Panama Canal.

The methodology is divided into three main phases: Phase 1: definition of the work stage. 1. Review of the State of the art. 2. Determination of the variables. Phase 2: Development of artificial intelligence model 3. Construction of decision trees. 4. Construction of Bayesian Networks. Phase 3: conclusions 5. Determination of the conclusions.

The application of the methodology to the case study established a model composed of 47 variables that define the logistics planning for Panama. This model of planning established through the Bayesian network considers aspects of sustainable planning and simulates the synergies between the nodes and logistical infrastructure planning.

Índice general

Índice de figuras	xvi
Índice de tablas	xxii
1 Introducción	1
1.1 Justificación de la tesis doctoral.	1
1.2 Objetivos.	7
1.3 Fases de la investigación.	8
1.4 Estructura y resumen de contenidos.	9
2 Antecedentes	11
2.1 La planificación del territorio en la República de Panamá	11
2.1.1 Introducción.	11
2.1.2 Planificación territorial actual en la República de Panamá .	16
2.2 Nodos e infraestructuras logísticas de la República de Panamá . .	18

3	Estado del Arte	22
3.1	Introducción.	22
3.2	Ordenación del Territorio.	22
3.3	Ordenación del Territorio y el desarrollo sostenible.	32
3.4	La planificación de plataformas logísticas en el marco de la ordenación del territorio	33
3.5	Minería de Datos como herramienta de planificación	36
3.5.1	Árboles de decisión	42
3.5.2	Redes bayesianas	44
3.5.2.1	Aplicaciones de las redes bayesianas	47
3.5.2.2	Tipos de variables	48
3.5.2.3	Construcción de la estructura del modelo	50
3.5.2.4	Especificación de los parámetros	51
3.5.3	Investigaciones recientes utilizando Árboles de Decisión y Redes Bayesianas.	51
4	Metodología	54
4.1	Introducción	54
4.2	Fase 1: Determinación del escenario de trabajo	56

4.2.1	Revisión del estado del arte	56
4.2.2	Determinación y obtención de las variables de estudio . .	57
4.2.3	Determinación de los niveles de planificación	58
4.3	Fase 2: Desarrollo del modelo de inteligencia artificial	62
4.3.1	Construcción de los árboles de decisión	62
4.3.1.1	Construcción del árbol de decisión para la clasificación territorial en grupos logísticos . . .	65
4.3.1.2	Construcción de los árboles de decisión para las variables objetivo	65
4.3.2	Construcción de las redes bayesianas	66
4.3.2.1	Discretización de variables	72
4.3.2.2	Construcción del modelo	72
4.3.2.3	Inferencia	73
4.3.2.4	Clasificación	75
4.3.2.5	Validación	75
4.4	Fase 3: Conclusiones	76

5	Caso de Estudio	77
5.1	Introducción	77
5.2	Nodos e infraestructuras logísticas de la República de Panamá . .	86
5.2.1	El Canal de Panamá y los puertos de contenedores	86
5.2.2	Aeropuertos de la República de Panamá	103
5.2.3	Red de carreteras de la República de Panamá	106
6	Resultados	108
6.1	Introducción	108
6.2	Resultados de la Fase 1: determinación del escenario de trabajo . .	109
6.2.1	Resultados de la revisión del estado del arte	109
6.2.2	Resultados de la determinación y obtención de las variables de estudio	109
6.2.3	Resultados de la determinación de los niveles de planificación	110
6.3	Resultados de la Fase 2 (Parte A): desarrollo del modelo de inteligencia artificial - construcción de los árboles de decisión . .	112
6.3.1	Resultados de la construcción del árbol de decisión para la clasificación territorial en grupos logísticos	113

6.3.2	Resultado de la construcción del árbol de decisión para la variable objetivo: distribución de la densidad del producto interior bruto con relación a los nodos e infraestructuras logísticas.	118
6.3.3	Resultado de la construcción del árbol de decisión para la variable objetivo: distribución de la actividad económica “transporte, almacenamiento y comunicaciones”	123
6.3.4	Resultado de la construcción del árbol de decisión para la variable objetivo: red de carretera primaria y secundaria .	127
6.3.5	Resultado de la Construcción del Árbol de Decisión para la variable objetivo: Densidad de la población con relación a los nodos e infraestructuras logísticas.	131
6.4	Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas	133
6.4.1	Resultados de la discretización de variables	133
6.4.2	Resultados de la construcción del modelo	134
6.4.2.1	Algoritmo K2	135
6.4.3	Resultados de la construcción del modelo: primera red bayesiana.	139

6.4.3.1	Primer análisis de las relaciones de las variables en la primera red bayesiana	139
6.4.3.2	Segundo análisis de las relaciones de las variables en la primera red bayesiana	144
6.4.3.3	Tercer análisis de las relaciones de las variables en la primera red bayesiana	146
6.4.3.4	Cuarto análisis de las relaciones de las variables en la primera red bayesiana	153
6.4.3.5	Quinto análisis de las relaciones de las variables en la primera red bayesiana	157
6.4.3.6	Sexto análisis de las relaciones de las variables en la primera red bayesiana	160
6.4.3.7	Séptimo análisis de las relaciones de las variables en la primera red bayesiana	163
6.4.3.8	Octavo análisis de las relaciones de las variables en la primera red bayesiana	167
6.4.3.9	Noveno análisis de las relaciones de las variables en la primera red bayesiana	172

6.4.3.10	Décimo análisis de las relaciones de las variables en la primera red bayesiana	176
6.4.4	Resultados de la construcción del modelo: segunda red bayesiana.	179
6.4.5	Resultados de la construcción del modelo: tercera red bayesiana.	193
6.4.5.1	Primer análisis de las relaciones de las variables en la tercera red bayesiana	197
6.4.5.2	Segundo análisis de las relaciones de las variables en la tercera red bayesiana	202
6.4.5.3	Tercer análisis de las relaciones de las variables en la tercera red bayesiana	208
6.4.5.4	Cuarto análisis de las relaciones de las variables en la tercera red bayesiana	209
6.4.5.5	Quinto análisis de las relaciones de las variables en la tercera red bayesiana	210
6.4.5.6	Sexto análisis de las relaciones de las variables en la tercera red bayesiana	211

6.4.5.7	Séptimo análisis de las relaciones de las variables en la tercera red bayesiana	212
6.4.5.8	Octavo análisis de las relaciones de las variables en la tercera red bayesiana	213
6.4.5.9	Noveno análisis de las relaciones de las variables en la tercera red bayesiana	214
6.4.5.10	Décimo análisis de las relaciones de las variables en la tercera red bayesiana	216
6.4.5.11	Undécimo análisis de las relaciones de las variables en la tercera red bayesiana	217
6.4.5.12	Duodécimo análisis de las relaciones de las variables en la tercera red bayesiana	218
6.4.5.13	Decimotercer análisis de las relaciones de las variables en la tercera red bayesiana.	219
6.4.5.14	Resultados de la Inferencia	224
6.5	Fase 3: Conclusiones	234
7	Discusión de Resultados	235
7.1	Introducción	235

7.2	Discusión de los resultados de la Fase1: Determinación del escenario de trabajo	236
7.2.1	Discusión de los resultados de la revisión del estado del arte	236
7.2.2	Discusión de los resultados de la determinación y obtención de las variables de estudio	236
7.2.3	Discusión de los resultados de la determinación de los niveles de planificación	237
7.3	Discusión de los resultados de la Fase 2 (Parte A): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de los árboles de decisión	238
7.3.1	Discusión de los resultados de la construcción del árbol de decisión para la clasificación territorial en grupos logísticos	238
7.3.2	Discusión de los resultados de la construcción del árbol de decisión para la variable objetivo: Distribución de la Densidad del Producto Interior Bruto con relación a los nodos e infraestructuras logísticas.	240

7.3.3	Discusión de los resultados de la Construcción del Árbol de Decisión para la variable objetivo: Distribución de la actividad económica “transporte, almacenamiento y comunicaciones”	241
7.3.4	Discusión de los resultados de la Construcción del Árbol de Decisión para la variable objetivo: Red de carretera primaria y secundaria	242
7.3.5	Discusión de los resultados de la Construcción del Árbol de Decisión para la variable objetivo: Densidad de la población con relación a los nodos e infraestructuras logísticas.	243
7.4	Discusión de los resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas	244
7.4.1	Discusión de los resultados de la discretización de variables	244
7.4.2	Discusión de los resultados de la construcción del modelo	244
7.4.3	Discusión de los resultados de la construcción del modelo: primera red bayesiana.	245

7.4.3.1	Discusión del primer análisis de las relaciones de las variables en la primera red bayesiana	245
7.4.3.2	Discusión del segundo análisis de las relaciones de las variables en la primera red bayesiana . . .	246
7.4.3.3	Discusión del tercer análisis de las relaciones de las variables en la primera red bayesiana	247
7.4.3.4	Discusión del cuarto análisis de las relaciones de las variables en la primera red bayesiana	247
7.4.3.5	Discusión del quinto análisis de las relaciones de las variables en la primera red bayesiana	248
7.4.3.6	Discusión del sexto análisis de las relaciones de las variables en la primera red bayesiana	248
7.4.3.7	Discusión del séptimo análisis de las relaciones de las variables en la primera red bayesiana . . .	249
7.4.3.8	Discusión del octavo análisis de las relaciones de las variables en la primera red bayesiana	250
7.4.3.9	Discusión del noveno análisis de las relaciones de las variables en la primera red bayesiana . . .	251

7.4.3.10	Discusión del décimo análisis de las relaciones de las variables en la primera red bayesiana . . .	251
7.4.4	Discusión de los resultados de la construcción del modelo: segunda red bayesiana.	251
7.4.5	Discusión de los resultados de la construcción del modelo: tercera red bayesiana.	252
7.4.5.1	Discusión de los resultados del Primer análisis de las relaciones de las variables en la tercera red bayesiana	253
7.4.5.2	Discusión de los resultados del Segundo análisis de las relaciones de las variables en la tercera red bayesiana	255
7.4.5.3	Discusión de los resultados del Tercer análisis de las relaciones de las variables en la tercera red bayesiana	256
7.4.5.4	Discusión de los resultados del Cuarto análisis de las relaciones de las variables en la tercera red bayesiana	257

7.4.5.5	Discusión de los resultados del Quinto análisis de las relaciones de las variables en la tercera red bayesiana	258
7.4.5.6	Discusión de los resultados del Sexto análisis de las relaciones de las variables en la tercera red bayesiana	258
7.4.5.7	Discusión de los resultados del Séptimo análisis de las relaciones de las variables en la tercera red bayesiana	259
7.4.5.8	Discusión de los resultados del Octavo análisis de las relaciones de las variables en la tercera red bayesiana	259
7.4.5.9	Discusión de los resultados del Noveno análisis de las relaciones de las variables en la tercera red bayesiana	260
7.4.5.10	Discusión de los resultados del Décimo análisis de las relaciones de las variables en la tercera red bayesiana	261

7.4.5.11	Discusión de los resultados del Undécimo análisis de las relaciones de las variables en la tercera red bayesiana	261
7.4.5.12	Discusión de los resultados del Duodécimo análisis de las relaciones de las variables en la tercera red bayesiana	262
7.4.5.13	Discusión de los resultados del Decimotercer análisis de las relaciones de las variables en la tercera red bayesiana.	263
7.4.5.14	Discusión de los resultados de la Inferencia . . .	263
7.4.5.15	Discusión de los resultados de la clasificación .	265
7.5	Discusión de los resultados de la Fase 3: Conclusiones	265
8	Conclusiones	266
8.1	Introducción	266
8.2	Conclusiones sobre la construcción del modelo.	266
8.3	Futuras Investigaciones.	271
	Bibliografía	273
A	Anexo 1	299

ÍNDICE GENERAL

B Anexo 2	315
C Anexo 3	333

Índice de figuras

1.1	Mapa de la distribución de las áreas protegidas y las áreas comarcales en la República de Panamá	6
2.1	Mapa de la República de Panamá que muestra los nodos e infraestructuras logísticas	19
3.1	Pasos del Proceso de Descubrimiento de Conocimiento en Datos “KKD”	38
4.1	Esquema de la investigación	55
4.2	Esquema de grupos de variables por unidad territorial	59
4.3	Esquema de niveles de planificación territorial de un país atendiendo a su estructura socio-política	61
4.4	Ejemplo de árbol de decisión	63
4.5	Esquema de pasos para la construcción de una red bayesiana. . . .	69

5.1	Division Política de Panamá	78
5.2	Mapa de la distribución de la densidad de población	80
5.3	Áreas Protegidas en la República de Panamá	83
5.4	Mapa de la distribución de la densidad del PIB	85
5.5	Ranking de Países por Flujo de Carga Origen/Destino a Través del Canal	89
5.6	Movimiento Total de TEU de los Puertos de la Provincia de Colón	96
5.7	Movimiento Total de TEU de los Puertos de la Provincia de Panamá	97
5.8	Movimiento Total de TEU en la República de Panamá	98
5.9	Estadísticas de Movimiento de Pasajeros en el Aeropuerto Internacional de Tocumen	104
5.10	Estadísticas de Movimiento de Carga en el Aeropuerto Internacional de Tocumen	104
5.11	Mapa de la distribución de las pistas aéreas	105
5.12	Mapa de la distribución de las carreteras: red primaria y secundaria	107
6.1	Niveles de Planificación	111
6.2	Árbol de decisión para la clasificación logística territorial – escenario actual	114

6.3	Mapa de grupos logísticos de la República de Panamá – escenario actual	117
6.4	Árbol de decisión de la distribución de la densidad del producto interior bruto respecto a los nodos e infraestructuras logísticas . .	119
6.5	Mapa de la distribución de la densidad del producto interior bruto respecto al desarrollo y distribución de los nodos e infraestructuras logísticas	122
6.6	Árbol de Decisión - Densidad del Producto Interior Bruto de la actividad económica “Transporte, Almacenamiento y Comunicaciones”	125
6.7	Mapa de la distribución de la Densidad del Producto Interior Bruto de la actividad económica “Transporte, Almacenamiento y Comunicaciones” – escenario actual	126
6.8	Árbol de Decisión - Red Primaria de Carretera	129
6.9	Árbol de Decisión - Red Secundaria de Carretera	130
6.10	Árbol de decisión de la distribución de la densidad de población respecto a los nodos e infraestructuras logísticas	132
6.11	Primera zona estudiada de la primera red bayesiana - variables descolgadas	139

6.12 Subgrafos condicionalmente independientes, E+ y E -	142
6.13 Conexión divergente	143
6.14 Segunda zona estudiada de la primera red bayesiana - variable 0 .	144
6.15 Tercera zona estudiada de la primera red bayesiana - variable 14; y la relación entre las variables 194, 166 y 202	146
6.16 D es un efecto indirecto de A y B causado por C	149
6.17 A es un efecto directo de B y C	149
6.18 Relación cola - con cabeza	151
6.19 Cuarta zona estudiada de la primera red bayesiana - variable 49 . .	154
6.20 Quinta zona estudiada de la primera red bayesiana - variable 88 . .	157
6.21 D es un efecto indirecto de A y B causado por C	159
6.22 Sexta zona estudiada de la primera red bayesiana - variable 73 . .	160
6.23 Séptima zona estudiada de la primera red bayesiana - variable 76 .	166
6.24 Octava zona estudiada de la primera red bayesiana - variable 89 .	167
6.25 Relación cola con cabeza	170
6.26 Novena zona estudiada de la primera red bayesiana - variable 89 .	172
6.27 D es un efecto indirecto de A y B causado por C	174

6.28	Décima zona estudiada de la primera red bayesiana - variable 203	176
6.29	Red Bayesiana	194
6.30	Primer sector estudiado de la tercera red	197
6.31	Relación entre variables dentro de la red bayesiana	199
6.32	Segundo sector estudiado de la tercera red	202
6.33	Relación entre variables dentro de la red bayesiana (conexión divergente)	203
6.34	Relación entre variables dentro de la red bayesiana (conexión cola- con cabeza)	205
6.35	Tercer sector estudiado de la tercera red	208
6.36	Cuarto sector estudiado de la tercera red	209
6.37	Quinto sector estudiado de la tercera red	210
6.38	Sexto sector estudiado de la tercera red	211
6.39	Septimo sector estudiado de la tercera red	212
6.40	Octavo sector estudiado de la tercera red	213
6.41	Noveno sector estudiado de la tercera red	214
6.42	Décimo sector estudiado de la tercera red	216
6.43	Undécimo sector estudiado de la tercera red	217

6.44	Análisis de las conexiones entre las variables 3, 4, 6, 7, 8, 10 y 11	219
6.45	Conexión cabeza con cabeza	220
6.46	Conexión divergente	221
6.47	Conexión cola - con cabeza	222
6.48	D es un efecto indirecto de A y B causado por C	224
6.49	Inferencia de las variables 164 y 166 para el estrato $S1$	226
6.50	Inferencia de las variables 164 y 166 para el estrato $S4$	231
7.1	Relación entre variables dentro de la red bayesiana	254
7.2	Relación entre variables dentro de la red bayesiana (conexión divergente)	255
7.3	Relación entre variables dentro de la red bayesiana (conexión cola- con cabeza)	256
8.1	Distribución de las variables por tipo dentro de la red bayesiana .	267

Índice de tablas

2.1	Principales hitos en materia de planificación urbana en la República de Panamá	12
3.1	Muestra de algunas investigaciones realizadas en algunos aspectos de la Ordenación del Territorio utilizando Árboles de Decisión y Redes Bayesianas.	52
5.1	Rutas Comerciales de Tráfico de Buques de Alto Calado por el Canal de Panamá (en miles)	88
5.2	Principales Mercaderías Transportadas a Través del Canal de Panamá en miles de Toneladas Largas	90
5.3	Ranking de países por movimiento portuario de contenedores a nivel mundial	92
5.4	Característica de Puertos de Contenedores en Panamá	99

5.5	Ranking de países por su Índice de Conectividad del Transporte Marítimo de Línea	101
6.1	Primer análisis de las relaciones de variables de la primera red bayesiana - variables descolgadas	140
6.2	Segunda análisis de las relaciones de variables de la primera red bayesiana	144
6.3	Tercer análisis de las relaciones de variables de la primera red bayesiana - análisis de la variable 14	147
6.4	Tercer análisis de las relaciones de variables de la primera red bayesiana - análisis de la relación entre las variables 166, 194 y 202	151
6.5	Cuarto análisis de las relaciones de variables de la primera red bayesiana - análisis de la variable 49	155
6.6	Quinto análisis de las relaciones de variables de la primera red bayesiana - análisis de la variable 88	158
6.7	Sexto análisis de las relaciones de variables de la primera red bayesiana - variable 73	161

6.8 Séptimo análisis de las relaciones de variables de la primera red	
bayesiana - variable 76	163
6.9 Octavo análisis de las relaciones de variables de la primera red	
bayesiana - variable 89	168
6.10 Noveno análisis de las relaciones de variables de la primera red	
bayesiana - variable 175	173
6.11 Décimo análisis de las relaciones de variables de la primera red	
bayesiana - variable 203	177
6.12 Segunda red bayesiana	179
6.13 Análisis de la segunda red bayesiana para obtener la tercera red	
bayesiana	183
6.14 Análisis de la segunda red bayesiana para obtener la tercera red	
bayesiana	186
6.15 Variables de la tercera red bayesiana	195
6.16 Primer análisis de las relaciones de variables de la tercera red . . .	197
6.17 Segundo análisis de las relaciones de variables de la tercera red	
bayesiana (Parte A)	203
6.18 Segundo análisis de las relaciones de variables de la tercera red . .	207

6.19 Tercer análisis de las relaciones de variables de la tercera red . . .	208
6.20 Cuarto análisis de las relaciones de variables de la tercera red . . .	209
6.21 Quinto análisis de las relaciones de variables de la tercera red . . .	210
6.22 Sexto análisis de las relaciones de variables de la tercera red . . .	211
6.23 Séptimo análisis de las relaciones de variables de la tercera red . .	212
6.24 Octavo análisis de las relaciones de variables de la tercera red . . .	213
6.25 Noveno análisis de las relaciones de variables de la tercera red . .	215
6.26 Décimo análisis de las relaciones de variables de la tercera red . .	216
6.27 Undécimo análisis de las relaciones de variables de la tercera red .	217
6.28 Duodécimo análisis de las relaciones de variables de la tercera red	218
6.29 Decimotercer análisis de las relaciones de variables de la tercera red	220
6.30 Decimotercer análisis de las relaciones de variables de la tercera red - Tabla para cabeza con cabeza	221
6.31 Decimotercer análisis de las relaciones de variables de la tercera red - Tabla para cola con cola	222
6.32 Decimotercer análisis de las relaciones de variables de la tercera red - Tabla para cola con cola	223

6.33	Decimotercer análisis de las relaciones de variables de la tercera red - D es un efecto indirecto de A y B causado por C	223
6.34	Tabla de inferencia 0002	225
6.35	Tabla de inferencia 0003	225
6.36	Tabla de inferencia 0004	228
6.37	Tabla de inferencia 0005	233
A.1	Variables Poblacionales de Estudio	300
A.2	Variables Ambientales de Estudio	302
A.3	Variables de Nodos e Infraestructuras Logísticas	303
A.4	Variables Económicas de Estudio	310
B.1	Tabla de inferencia 0001	316

Introducción

1.1 Justificación de la tesis doctoral.

La epistemología y concepto de la Ordenación del Territorio sigue siendo motivo de debate a la fecha, de quienes la defienden como una disciplina científica al ser su objeto de estudio el territorio y sustentarse en distintas metodologías para su análisis, de quienes defienden su carácter de instrumento técnico-político dentro de una política de planificación territorial. Sin embargo, su importancia para el desarrollo sostenible de cualquier país no es objeto de discusión, ya que se entiende con certeza que el territorio es un recurso limitado.

Las investigaciones más recientes en el campo de la ordenación del territorio se focalizan en áreas específicas tales como el medio ambiente, el desarrollo

económico, desarrollo poblacional, la participación pública en la toma de decisiones, el desarrollo urbano, y de forma muy particular en la planificación de estructuras e infraestructuras clasificadas regularmente por tipología, sin que se consideren en la mayoría de los casos las iteraciones y sinergías que se crean entre ellas al momento de realizar una nueva actuación sobre el territorio.

El análisis selectivo de alguno de los componentes que integran el territorio se explica por la dificultad que presenta en muchos casos la recolección de los datos necesarios y la propia complejidad de los estudios territoriales lo que ha obligado a la utilización de metodologías que permiten la construcción de modelos que expliquen aspectos específicos.

La evolución de los sistemas computacionales ha permitido superar las barreras de calculo que otrora restringieron las investigaciones en diferentes ramas científicas, además se han desarrollado numerosas técnicas de modelización y análisis en áreas de la estadística y la inteligencia artificial que han permitido el descubrimiento de conocimiento en grandes bases de datos (acuñado en ingles bajo el nombre de “Knowledge Discovery in Databases”) a través de la selección, preparación y limpieza de los datos como paso previo a la aplicación de tecnologías de reconocimiento de patrones en la data procesada, y la consecuente interpretación y evaluación de los resultados que conllevan finalmente al conocimiento extraído de la bases de datos. El descubrimiento de patrones detrás de grandes volúmenes de

datos previamente procesados se conoce como Minería de Datos, técnica que en las ultimas décadas ha tomado mayor relevancia y ha sido utilizada en muchos campos de investigación.

El uso efectivo de la Minería de Datos en áreas como la administración empresarial, medicina y otros, ha motivado a los investigadores a aplicar diferentes técnicas de Minería de Datos en sus propios campos de investigación.

Las características propias de los datos sobre el territorio y los componentes que lo conforman, que usualmente es recabada por diferentes entidades u organismos de la Administración Pública, ya sean locales o regionales, hacen de los estudios territoriales un candidato ideal para la aplicación de algunas de las técnicas de Minería de Datos.

Los árboles de decisión, como elemento de la minería de datos permiten representar y categorizar de forma esquemática una serie de variables de predicción que ayudan al análisis de una variable objetivo. En este sentido, la división del territorio en diferentes unidades administrativas hace de esta técnica una herramienta potencial para definir los escenarios actuales a través de la agrupación ó “cluster” de dichas unidades territoriales tomando en consideración para ello toda la data existente.

Otro caso de minería de datos lo representan las redes bayesianas, que permiten construir modelos de probabilidad conjunta que presentan de manera gráfica las

dependencias relevantes en un conjunto de datos. Las redes bayesianas representan en un grafo acíclico dirigido, un modelo probabilístico de variables distribuidas en padres e hijos, y la inferencia estadística que permite determinar la probabilidad de certeza de una hipótesis planteada. Al igual que con los árboles de decisión, la división del territorio en diferentes unidades administrativas hace de esta técnica una herramienta potencial para definir, por ejemplo, las características físicas de alguna tipología específica de infraestructura logística tomando en consideración las características territoriales, poblacionales, económicas del área donde se plantea su desarrollo y las posibles sinergías que se puedan presentar sobre otros nodos e infraestructuras logísticas.

El caso de estudio seleccionado para la aplicación de ambas técnicas de Minería de Datos ha sido la República de Panamá, considerando que este país presenta algunas características singulares, entre las que destacan su alta concentración de población en la Ciudad de Panamá; que a su vez ha concentrado la actividad económica del país; su alto porcentaje de zonas protegidas, lo que ha limitado la vertebración del territorio; y el Canal de Panamá y los puertos de contenedores adyacentes al mismo dado que el tráfico a través del Canal de Panamá en el 2013 representó el 2,2 % del comercio marítimo mundial según cifras de la Autoridad del Canal de Panamá (ANAVE, 2014), sin embargo con la ampliación de la vía interoceánica se espera que esta cifra aumente al permitirse, una vez concluida la obra, el tráfico de

Buques Postpanamax.

Se puede considerar además que la República de Panamá posee dos puertos de contenedores próximos a los accesos al Canal de Panamá. En el acceso atlántico, situado en la Ciudad de Colón, opera el puerto de Colón conformado por tres terminales portuarias: Manzanillo International Terminal, Evergreen y Panamá Port. En el acceso Pacífico, situado en la Ciudad de Panamá, opera el Puerto de Ciudad de Panamá conformado por dos terminales portuarias: Balboa y PSA que registra operaciones desde 2012. Las estadísticas manejadas por CEPAL (2015) sitúan al Puerto de Colón con 3 577 427 TEUS manipulados y al Puerto de Ciudad de Panamá con 3 294 113 TEUS manipulados, en la segunda y tercera posición respectivamente del ranking de los 100 puertos más importantes de la región. Dos terminales portuarias, una en la Ciudad de Colón y la otra en la Ciudad de Panamá, están conectadas por ferrocarril, lo que facilita el movimiento de mercancía entre ellas. Es importante señalar que legalmente en la República de Panamá cada terminal portuaria es considerada un puerto.

La Ciudad de Panamá, adyacente al Canal de Panamá, concentra el 24,4 % de la población total del país en tan solo 2 245 km². En el 2010, la República de Panamá tenía 3 322 576 habitantes. En ella se concentra el 40 % de la actividad económica del país, el aeropuerto internacional de Tocumen, además de la mayoría de las inversiones públicas que realiza el gobierno en materia de sanidad,

educación, servicios e infraestructuras. Fuera de la Ciudad de Panamá, el resto del país se encuentra de forma muy diferenciada menos desarrollado. Es destacable que la República de Panamá tiene el 44 % de su territorio como áreas protegidas y Comarcas Indígenas (ver Figura 6.8) , y tienen leyes especiales que promueven su protección por su valor ambiental como cultural de las mismas.

Figura 1.1: Mapa de la distribución de las áreas protegidas y las áreas comarcales en la República de Panamá

Fuente: elaboración propia.

Estas características de la República de Panamá, adicional a la falta de instrumentos y de planes de Ordenación Territorial en el país, dado que la poca planificación efectuada hasta el momento ha sido focalizada a temas urbanísticos, hace necesario el desarrollo de una metodología para la determinación de los parámetros de planificación de los nodos e infraestructuras logísticas en la República de Panamá, considerando en su planificación el impacto sobre los diferentes componentes

territoriales.

1.2 Objetivos.

El objetivo principal de la tesis doctoral es el desarrollo de una metodología que permita determinar los parámetros de planificación de los nodos e infraestructuras logísticas en un territorio, considerando en su planificación el impacto sobre la red logística actual, el desarrollo poblacional, el desarrollo económico y las consideraciones ambientales necesarias.

La consecución del objetivo general se alcanza mediante los siguientes objetivos parciales:

- Determinar el escenario actual de la distribución de la actividad logística de Panamá a partir de la creación de mapas que asocien las unidades territoriales con características similares.
- Determinar la relación entre el desarrollo de los nodos e infraestructuras logísticas y el desarrollo poblacional del territorio.
- Determinar la relación entre el desarrollo de los nodos e infraestructuras logísticas y el desarrollo económico del territorio.
- Determinar la relación entre el desarrollo de los nodos e infraestructuras logísticas y el entorno territorial.

1.3 Fases de la investigación.

El trabajo de investigación se ha realizado por fases, con el fin de concretar cada uno de los objetivos planteados en el punto 1.2. Las fases son las siguientes:

- Determinación del estado del arte en: planificación territorial, nodos e infraestructuras logísticas, minería de datos y en particular árboles de decisión y redes bayesianas.
- Determinación del objetivo principal y los objetivos secundarios de la investigación, y de los criterios para la medición de su consecución.
- Diseño de la metodología para la determinación de los parámetros de planificación de los nodos e infraestructuras logísticas en un territorio, considerando en su planificación el impacto sobre los diferentes componentes territoriales.
- Elección y descripción del caso de estudio: República de Panamá.
- Recolección de datos referentes del caso de estudio para la aplicación de la metodología diseñada.
- Aplicación de la metodología diseñada al caso de estudio.
- Análisis, contraste y discusión de los resultados.

- Conclusiones de la investigación y determinación de futuras líneas de investigación.

1.4 Estructura y resumen de contenidos.

El Capítulo 1 **Introducción** (páginas 1 - 10) desarrolla la justificación de la tesis doctoral, además de plantear los objetivos, las fases de investigación y una recapitulación de los contenidos desarrollados en la tesis.

El Capítulo 2 **Antecedentes** (páginas 11 - 21) describe la planificación territorial en la República de Panamá; y los avances en materia de Minería de Datos y en particular de árboles de decisión y redes bayesianas en relación a la planificación de infraestructuras.

El Capítulo 3 **Estado del Arte** (páginas 22 - 54) detalla la revisión bibliográfica realizada con relación a la planificación territorial, la planificación de infraestructuras y nodos logísticos, por la que se justifica la necesidad de realizar estudios que de manera integral analicen las dinámicas territoriales.

En el Capítulo 4 **Metodología** (páginas 54 - 76) se plantea y desarrolla una propuesta de metodología para el desarrollo de la investigación.

El Capítulo 5 **Caso de Estudio** (páginas 77 - 108) describe el caso de estudio seleccionado y sus características territoriales, ambientales, económicas,

poblaciones y de nodos e infraestructuras logísticas.

El Capítulo 6 **Resultados** (páginas 108 - 265) muestra los resultados, su análisis y discusión.

En el Capítulo 8 **Conclusiones** (páginas 266 - 272) se plantean las conclusiones a las que se ha llegado una vez analizados y discutidos los resultados obtenidos durante la investigación, además se plantean las líneas futuras de investigación que permitirían dar continuidad a la investigación descrita en la tesis.

La **Bibliografía** (páginas 273 - 298) lista todas las fuentes bibliográficas citadas en la tesis.

Antecedentes

2.1 La planificación del territorio en la República de Panamá

2.1.1 Introducción.

Es obligatorio describir la evolución histórica de la planificación territorial en la República de Panamá y sus principales hitos para entender el escenario actual, de como se ha desarrollado el país y en particular sus nodos e infraestructuras logísticas.

Las primeras acciones de planificación urbana de la República de Panamá surgen de “manera incipiente” en 1928 con el “levantamiento de planos de mejoras y desarrollo futuro del país” (Ministerio de Vivienda y Ordenación Territorial

2.1 La planificación del territorio en la República de Panamá

MIVIOT, 2013), siendo esta la primera acción en materia de planificación tomada por la otrora recién separada República de Panamá de la República de Colombia en 1903.

A partir de ese momento, y durante el Siglo XX (ver Tabla 2.1), la República de Panamá fue articulando leyes que reglamentaron aspectos específicos del desarrollo urbano del país, sin llegar a desarrollar un **Plan de Ordenamiento Territorial**, salvo el **Plan de Desarrollo Urbano de las Áreas Metropolitanas del Pacífico y del Atlántico** que fue desarrollado en la década de los 90 y aprobado finalmente en el 2000.

Tabla 2.1: Principales hitos en materia de planificación urbana de la República de Panamá en el Siglo XX.

Año	Descripción
1903	Separación de Panamá de Colombia.
1928	Primera acción de la República de Panamá para la atención a los problemas urbanos mediante la expedición de la Ley No.47 de 25 de noviembre de 1928 que establecía la ordenanza del levantamiento de planos de mejoras y desarrollo futuro de la ciudad de Panamá y de las cabeceras de provincias (Ministerio de Vivienda y Ordenación Territorial MIVIOT, 2013).
1940	Redacción del estudio “Desarrollo Urbano y el Plano Regulador de la ciudad de Panamá / Informe Brunner” redactado por el urbanista austríaco Karl Brunner a solicitud del Gobierno de la República de Panamá; y en el cual se analizan los principales problemas urbanos y de vivienda y se hacen aportes a la planificación urbana de la época (Ministerio de Vivienda y Ordenación Territorial MIVIOT, 2013).

Sigue en la página siguiente.

2.1 La planificación del territorio en la República de Panamá

Tabla 2.1 – Continua desde la página previa

Año	Descripción
1941	Reglamentación de la construcción de las urbanizaciones en la República de Panamá mediante la expedición de la Ley No.78 de 23 de junio de 1941 que reglamentó la construcción de las urbanizaciones en la República de Panamá, siendo responsabilidad del entonces Ministerio de Salubridad y Obras Públicas la tarea de reglamentar y aprobar los proyectos de urbanización dentro del territorio nacional. Para su redacción se tomó en consideración el “Informe Brunner”(Asamblea Legislativa de la República de Panamá, 1941).
1943	Establecimiento de la Obligatoriedad por parte de las urbanizaciones de ceder gratuitamente al Estado áreas destinadas a avenidas, calles, parques y edificaciones mediante la expedición de la Ley No.120 de 2 de abril de 1943 (Asamblea Legislativa de la República de Panamá, 1943).
1944	Creación del Banco de Urbanización y Rehabilitación mediante la expedición de la Ley No.54 de 22 de agosto de 1944 cuyo objetivo era dar soluciones de vivienda para los extractos sociales bajos (Organo Ejecutivo de la República de Panamá, 1944). Proyecto de Código de Construcciones mediante el cual se establecieron el tamaño mínimo de las habitaciones y las alturas de los ambientes (Ministerio de Vivienda y Ordenación Territorial MIVIOT, 2013).
1953	Creación del Instituto de Fomento Económico mediante la expedición de la Ley No.3 de 30 de enero de 1953, que tenía entre sus objetivos la construcción y mejora de viviendas con énfasis en las clases sociales más necesitadas (Asamblea Nacional de la República de Panamá, 1953).
1958	Creación del Instituto de Vivienda y Urbanismo una vez disuelto el Instituto de Fomento Económico, mediante la Ley No.17 de 29 de enero de 1958, con la atribución de planificar, construir y rehabilitar las viviendas y urbanizaciones a nivel nacional (Asamblea Nacional de la República de Panamá, 1958).
1973	Creación del Ministerio de Vivienda (MIVI) mediante la Ley No.9, de 25 de enero de 1973, se crea el Ministerio de Vivienda (MIVI) cuyo fin era determinar un ejecutar la política habitacional y de desarrollo urbano del país (Consejo Nacional de Legislación de la República de Panamá, 1973).
1999	Reversión del Canal de Panamá de parte de los Estados Unidos de America a la República de Panamá, iniciado con la firma de Los Tratados Torrijos Carter en 1977 y finalizado el 31 de diciembre de 1999.

Sigue en la página siguiente.

2.1 La planificación del territorio en la República de Panamá

Tabla 2.1 – Continua desde la página previa

Año	Descripción
2000	Plan de Desarrollo Urbano de las Áreas Metropolitanas del Pacífico y del Atlántico (Plan Metropolitano) desarrollado a finales de los años 90 con el fin de integrar el Área del Canal a las ciudades de Panamá y Colón, aprobado mediante el Decreto Ejecutivo No.205 de 28 de diciembre de 2000 (Ministerio de Vivienda de la República de Panamá, 2000).

Fuente: Fuentes varias.

A pesar de estos esfuerzos en materia de legislación urbana, En el caso de la Ciudad de Panamá, al tener como barreras infranqueables para su crecimiento tanto el Canal de Panamá como el Océano Pacífico, dándole su forma linealmente alargada, sumado al crecimiento descontrolado que ha venido sufriendo, ha puesto en un punto crítico la funcionalidad de la ciudad, sumergiendo a sus habitantes en un caos de congestión vehicular diaria, con áreas con pésimos servicios de saneamiento y distribución de agua potable, que pudo haber sido evitado mediante una planificación urbanística adecuada.

Con la firma de Los Tratados Torrijos-Carter en 1977 se estableció el marco por el cual se revertió a la República de Panamá por parte de los Estados Unidos de América la plena jurisdicción sobre el territorio que constituyó la llamada Zona del Canal, incluidos todos los bienes y las mejoras inamovibles realizadas sobre los mismos, además de asumir la plena responsabilidad de administración, funcionamiento y mantenimiento del Canal de Panamá (Tratados Torrijos-Carter,

2.1 La planificación del territorio en la República de Panamá

1977). El Ferrocarril de Panamá, que va paralelo al Canal de Panamá, fue uno de los primeros bienes transferidos a la República de Panamá en virtud del cumplimiento de los Tratados.

En respuesta al proceso de Reversión del Canal de Panamá, en 1991 mediante la Ley No.1 de 14 de enero de 1991, se establecen como **Bienes Revertidos** aquellos bienes (edificios, casas, y sus terrenos sobre los que están ubicados) que se encuentran en el Área del Canal de Panamá y que fueron entregados por parte de los Estados Unidos de América a la República de Panamá a partir de la ratificación del “Tratado del Canal de Panamá de 1977” hasta el 31 de diciembre de 1999 (Asamblea Legislativa de la República de Panamá, 1991). Con esta ley se lista el inventario de Bienes Revertidos, y en particular las casas y edificios que fueron considerados para su arrendamiento y compra, y la base de los mecanismos legales por la cual se fundamentaron dichas transacciones. En la actualidad los Bienes Revertidos que no han sido cedidos mediante compra a terceros, o cuyo uso no ha sido destinado a albergar alguna de las Instituciones Estatales y sus oficinas, son administrados por la Unidad Administrativa de Bienes Revertidos del Ministerio de Economía y Finanzas cuya misión es “Promover el desarrollo económico de los bienes revertidos de modo tal que se obtenga el óptimo aprovechamiento de sus recursos, el incremento de la inversión y el máximo beneficio para toda la República de Panamá” (Ministerio de Economía y Finanzas de la República de Panamá, 2006).

2.1.2 Planificación territorial actual en la República de Panamá

La legislación aplicable en materia urbanística en la República de Panamá tiene como base la constitución de 1972 y sus modificaciones por los actos reformativos de 1978, el Acto Constitucional de 1983, las Actas legislativas 1 y 2, de 1994 y más recientemente, mediante el Acto Legislativo 1, de 2004.

El artículo 233 de la Constitución Panameña dispone que los Municipios, como entidades fundamentales de la división político-administrativa del Estado, con gobierno propio, democrático y autónomo, le corresponden prestar los servicios públicos y construir las obras públicas que determine la ley, ordenar el desarrollo de su territorio, promover la participación ciudadana, así como el mejoramiento social y cultural de sus habitantes y cumplir las demás funciones que le asignen la Constitución y la ley. En cumplimiento de este artículo los municipios empiezan a legislar, de acuerdo a sus competencias, una serie de normas aplicables en materia urbanística, estableciendo de manera arbitraria usos de suelo y las restricciones de edificabilidad. Estas normas se vuelven por tanto el único mecanismo utilizado hasta el presente para controlar por parte de la administración pública el desarrollo urbano, desafortunadamente de forma poco efectiva, puesto que el mismo ha respondido ante todo a los intereses de los agentes económicos. Se pueden excluir de esta realidad a las áreas protegidas y la zona del Canal de Panamá, ya que las

2.1 La planificación del territorio en la República de Panamá

leyes al respecto han sabido resguardar de manera bastante eficiente estos suelos.

Por otra parte, el Ministerio de Vivienda, rebautizado en el 2009 como Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial, hasta el 2006 solo asume en cuanto a planificación urbanística, la responsabilidad de actuaciones muy puntuales: como la construcción de viviendas para personas de escasos recursos, la reubicación en caso de siniestros de las personas damnificadas, el desarrollo de algunas normas urbanísticas de carácter aplicación nacional, o como casos particular el manejo de las llamadas áreas revertidas de la Zona del Canal como parte del proceso de transición del Canal de Panamá por parte de los Estados Unidos de América a manos panameñas, el Plan de Desarrollo Urbano de las Áreas Metropolitanas del Pacífico y del Atlántico; y las normas de zonificación de la Ciudad de Panamá, dejando de lado su responsabilidad planificadora del urbanismo en toda la República, en el amplio sentido de la palabra, instruida por la constitución de 1972.

No es hasta Ley No 6 de 1 de febrero de 2006 que reglamenta el ordenamiento territorial para el desarrollo urbano y dicta otras disposiciones, que por primera vez se establece el marco regulatorio con carácter general del urbanismo en la República de Panamá. Antes de esta ley tanto el Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial como los municipios, cada uno de forma independiente, crearon normas urbanísticas con distintos grados de jerarquía, conectadas entre

2.2 Nodos e infraestructuras logísticas de la República de Panamá

sí tan solo por ser aplicables a un espacio de suelo común, sin tener realmente una cohesión de ideas o preceptos que permitiesen una planificación ordenada del territorio nacional. Sin embargo la aplicación de la Ley No 6 sigue pendiente por parte de las autoridades que tienen el deber legal de velar por su aplicación y cumplimiento.

2.2 Nodos e infraestructuras logísticas de la República de Panamá

La República de Panamá ha desarrollado hasta la fecha la mayoría de sus nodos e infraestructuras logísticas en torno al Canal de Panamá, que durante el Siglo XX tuvo un efecto frontera que limitó y condicionó el desarrollo de la actual Ciudad de Panamá, que presenta una concentración de alta de población con respecto a la poca densidad de población registrada en el resto del país.

Figura 2.1: Mapa de la República de Panamá que muestra los nodos e infraestructuras logísticas

Fuente: elaboración propia

2.2 Nodos e infraestructuras logísticas de la República de Panamá

Un ejemplo claro de esta atracción o influencia que ejerce el Canal de Panamá es la localización de los puertos de contenedores, ubicados a la entrada/salida tanto Pacífica como Atlántica del Canal de Panamá, en las Provincias de Panamá y Colón. En la Provincia de Panamá, zona del pacífico, operan los Puertos de Balboa y PSA Panama International Terminal. En la Provincia de Colón, zona atlántica, operan los puertos Manzanillo International Terminal (MIT), Cristóbal-Panamá Ports Company (PPC), Colon Container Terminal (CCT) y Colon Port Terminal (CPT) que sirven principalmente a la Costa Este de América del Norte y Sur, así como al Caribe (Centro de Innovación e Investigaciones Logísticas Georgia Tech Panamá, 2014).

La República de Panamá cuenta con El Aeropuerto Internacional de Tocumen está situado en la zona este de la Provincia de Panamá, a una distancia de 24 kilómetros del Centro de la Ciudad de Panamá, que en el 2012 movió un total de 3.3 millones de pasajeros en transito directo y la terminal de carga manejó 116,000 toneladas de carga (en su mayoría de transbordo) (Centro de Innovación e Investigaciones Logísticas Georgia Tech Panamá, 2014). Los vuelos domésticos desde y hacia la Ciudad de Panamá se realizan en el Aeropuerto Marcós A. Gelabert, situado en el centro de la ciudad.

Además, la República de Panamá cuenta con una red de carreteras dividida en red primaria y red secundaria. La red primaria de carreteras está compuesta por la

2.2 Nodos e infraestructuras logísticas de la República de Panamá

Carretera Panamericana, que une el Continente Americano desde Alaska (Estados Unidos de América) hasta Buenos Aires (Argentina), interrumpida en el Tapón del Darién. La Red secundaria de la República de Panamá incluye el resto de las carreteras del país, y se compone por carreteras y caminos cuya característica principal es que son asfaltados y de dos carriles (uno por sentido).

Estado del Arte

3.1 Introducción.

3.2 Ordenación del Territorio.

La primera experiencia moderna en Ordenación del Territorio, termino conocido en ingles como “*Land Use Planning*”, vino de una serie de políticas establecidas en 1933 por la Autoridad del Valle del Tennessee (Monod and Castelbajac, 1987), creada a raíz de la gran depresión ¹ para revitalizar la economía del sureste de los Estados Unidos de América mediante el desarrollo del sistema de navegación

¹La Gran Depresión fue una recesión económica mundial que se originó en los Estados Unidos de América a partir de la caída de la bolsa el 29 de Octubre de 1929, extendiendo su efecto a diferentes países y que terminó en diferentes momentos de los años 30 ó principios de los 40, dependiendo del país de referencia. El fin de la gran depresión en Estados Unidos se asocia con la Segunda Guerra Mundial y su efecto sobre la economía (Romer, 2009)

y control de inundación del río Tennessee, incluyendo la generación y venta de electricidad además de un programa de preservación de los recursos terrestres de la región (Tennessee Writers'Project, 1939).

Sin embargo, esta concepción de la Ordenación del Territorio surgida por la necesidad de desarrollar económicamente una región, ha ido evolucionando para incluir en su propia definición conceptual otros aspectos del desarrollo que incluyen, sin limitarse a ello, la preservación del ambiente y un mayor bienestar para la población. Esta evolución conceptual se plasma en las definiciones actuales de Ordenación del Territorio:

“Evaluación sistemática del potencial del suelo y del agua, formas alternativas de uso del suelo y otras condiciones físicas, sociales y económicas con el propósito de seleccionar y adoptar las condiciones del uso del suelo que sean las más beneficiosas para la población sin que se degraden los recursos ambientales, junto a la selección de medidas que promuevan dichos usos del suelo” (Agriculture Organization of the United Nations, 1993).

“Planificación de la actividad humana para asegurar que el territorio se destina a su uso óptimo, teniendo en consideración los diferentes efectos que el uso del territorio pueden tener en relación con las preocupaciones

sociales, políticas, económicas y ambientales” (Ministry of Agriculture and Land Affairs of the Republic of South Africa, 2001).

En la Unión Europea el Ordenamiento Territorial se ha extendido a un nuevo concepto “planificación espacial”, término conocido en inglés como “*Spatial Planning*”; y ha sido adoptada como “*una política pública y una serie de acciones destinadas a influir en la distribución de las actividades en el espacio y en los vínculos entre ellas*” (Commission of the European Communities, 1997) a diferentes niveles territoriales e implica la planificación del uso del suelo y políticas regionales dando una expresión geográfica a las políticas económicas, sociales, culturales y ecológicas hacia un desarrollo regional equilibrado y la organización física del espacio según una estrategia general a los miembros de la Unión Europea (Council of Europe, 1983).

La Ordenación del Territorio en términos de un mismo país o región se ve altamente condicionada por las leyes que sirven de marco de referencia para su acción, el paisaje y las propias diferencias culturales entre distintas regiones; siendo altamente determinada en la actualidad por el modelo de desarrollo económico dominante en cada país (Massiris, 2000).

Aguilar (1989) señala que toda acción de Ordenamiento Territorial debe cumplir con las siguientes características:

- Ser una política de Estado, para orientar un proceso ordenado del territorio y que sea el Estado quien establezca el marco de acción tanto de lo público como lo privado en la extensión total de un país.
- Ser definida como una política a largo plazo, porque los efectos de la ordenación territorial no son percibidos de inmediato o a corto plazo; por lo que se requiere profundizar en la memoria histórica de los procesos económicos y políticos que han condicionado el escenario actual de la organización espacial del territorio, para que las actuaciones futuras logren el ordenamiento esperado.
- Su instrumento básico es la planificación en todos sus niveles, que precisa una estructura institucional a diferentes niveles administrativos que permita la implementación y evaluación del proceso de ordenación y además los instrumentos legales que definan dicha organización institucional y sus competencias, donde se establezcan las estrategias y acciones que logren la consecución del ordenamiento.
- Conciliar el proceso de desarrollo económico con las distintas formas de ocupación territorial que se desarrollen, tales como la industrialización, urbanización, poblamiento, etc., así también la asignación de los espacios mas adecuados para el desarrollo de estas actividades tomando en consideración sus efectos sobre el medio ambiente;y

- Su fin último es elevar el nivel de vida de la población, independiente de la productividad o rentabilidad de las acciones tomadas.

El Council of Europe (1983) señala que los objetivos principales de la Ordenación del Territorio como política territorial son:

- **Alcanzar el desarrollo socioeconómico equilibrado entre las regiones** destacando en este sentido la importancia que tienen los ejes de desarrollo y las redes de comunicación, además de mantener y adaptar las infraestructuras que permitan impulsar las regiones menos desarrolladas.
- **Mejorar la calidad de vida de los ciudadanos** con una mayor accesibilidad a los equipamientos económicos, sociales y culturales con una adecuada elección de su localización.
- **Gestionar de manera responsable los recursos naturales y la protección del medio ambiente** resolviendo los conflictos que se presentan entre la necesidad de los recursos naturales y su conservación.
- **La utilización racional del territorio** dando énfasis a la necesidad de la implementación de una política de uso de suelo que permita la consecución de los objetivos anteriores.

Pujadas and Font (1998) define tres etapas principales en el proceso de Ordenación Territorial. La primera etapa, correspondiente a la Legislación y determinación de

las políticas territoriales donde se definen los objetivos y los instrumentos jurídicos a utilizar. La segunda etapa, la planificación y elaboración de los planes. La tercera y última etapa, la ejecución de los planes, donde se transforma el territorio de acuerdo con las actuaciones definidas en el plan.

Benabent Fernández de Córdoba (2009) señala que la Ordenación del Territorio se materializa mediante el Plan de Ordenación Territorial, el cual debe servir para dinamizar el territorio, incorporando propuestas de transformación territorial, pero a la vez siendo un instrumento regulador que ordene los usos y condicione las actuaciones territoriales. Además, Agriculture Organization of the United Nations (1993) señala que la Ordenación del Territorio debe tener una correspondencia directa con los niveles de gobernabilidad establecidos en un país porque es en estos niveles de gobernabilidad donde se toman las decisiones sobre el uso del suelo de acuerdo a las competencias propias de cada nivel, además de ser los niveles para los cuales existen información tanto particular como seriada en años.

Massiris (2000) clasifica el Ordenamiento Territorial en Activo y Pasivo. El Ordenamiento Territorial Activo es aquel que va orientado al desarrollo territorial a grandes escalas de actuación y busca equilibrar los desequilibrios en el desarrollo regional mediante la intervención voluntaria y dinámica del Estado sobre el territorio ejecutando grandes obras de infraestructura y proyectos de inversión. Por su parte, el Ordenamiento Territorial Pasivo es aquel que va orientado a políticas

de uso y ocupación del territorio a menores escalas de actuación, normalmente local, y va relacionado al establecimiento de zonificaciones donde se establecen los usos permitidos, prohibidos o restringidos y los instrumentos legales que permitan resolver los conflictos productos de la intervención Estatal sobre el Territorio. El Ordenamiento del Territorio Activo genera transformaciones espaciales en el orden territorial existente, mientras el Ordenamiento del Territorio Pasivo permite inducir nuevos escenarios del uso del territorio.

Orea (2007) señala que “el sistema territorial es una construcción social que representa el estilo de desarrollo de una sociedad”, que se construye a través de la intervención humana sobre el medio físico y que produce iteraciones y sinergías entre los diferentes componentes del sistema territorial: el medio físico, la población y sus actividades, los asentamientos, la infraestructuras que sirven como canales de conexión, y el marco institucional y legal que regula la funcionalidad del sistema.

Para Rodrigue et al. (2013) “la estructura territorial de cualquier región corresponde a una red de todas sus interacciones económicas”, que es consecuencia mas que de la planificación, de las mejoras continuas que se producen sobre el territorio cuando las oportunidades así lo permiten mediante inversiones que cambian las condiciones existentes. La configuración de estas redes es el resultado de diversas estrategias, tales como proporcionar acceso y movilidad a una región, reforzando un corredor

comercial específico o desarrollos tecnológicos haciendo un modo de transporte específico y su red más ventajosas sobre los demás redes y modos de transporte.

En el caso de la selección de un modelo existente de cambio de uso del suelo “*land use change model*”, U. S. Environmental Protection Agency (EPA) (2000) define cinco pasos básicos a seguir considerando en primera instancia el escenario involucrado en la toma de decisiones y luego los criterios de selección del modelo:

- Comprender la propuesta del proyecto: Implica el consenso por parte de todos los involucrados en la toma de decisiones “*decision-making parties*”, de manera tal que se logre tener de forma objetiva un entendimiento sobre la propuesta.
- Hacer las preguntas correctas: Es necesario desglosar el alcance del proyecto de forma precisa, y para esto se deben plantear las preguntas correctas que permitan definir, entre algunos aspectos fundamentales de la propuesta de proyecto, los costos y beneficios además de los impactos directos e indirectos sobre el territorio.
- Identificar las necesidades de información: Una vez definidas las preguntas a ser respondidas, es necesario identificar la información o data necesaria para resolver estas preguntas.
- Evaluar las capacidades internas: Se requiere determinar las capacidad

financiera, de recursos humanos e informática disponible, ya que esto condiciona de forma directa la selección del modelo. Esto último, los recursos informáticos disponibles, con el advenimiento de ordenadores más potentes ha dejado de ser una limitante cada vez menor, aunque no despreciable, en consideración de las técnicas que se utilicen para construir el modelo.

- Elegir el modelo correcto: U. S. Environmental Protection Agency (EPA) (2000) sugiere que al momento de la elección del modelo, una vez resuelto de manera satisfactoria los cuatro pasos previos, se debe evaluar al menos trece aspectos fundamentales de cada modelo considerado en esta etapa, para lo cual se pueden ponderar de acuerdo al nivel de importancia los siguientes puntos: relevancia, recursos, soporte del modelo, conocimientos técnicos, necesidad de datos, exactitud, resolución (nivel de detalle o mínima unidad territorial que el modelo es capaz de reconocer o procesar), capacidad temporal (resultados “*outcomes*”, del modelo considerando diferentes periodos de tiempo) versatilidad (relacionado a la capacidad del modelo de brindar resultados para múltiples variables), potencial de vinculación con otros modelos accesibilidad pública transferibilidad (aplicabilidad del modelo a otro lugar diferente para el cual fue construido originalmente, y uso por parte de terceros

El medio ambiente es el tema de investigación mas estudiado en el campo de la ordenación del territorio (Silaydin Aydin and Cukur, 2012; Freeman et al., 2011; Underwood et al., 2011; Yu et al., 2011), considerando el entorno geográfico: localización, recursos naturales, características climatológicas y topográficas como parte integral de los planes de ordenamiento territorial (Kadioglu, 2011; Orenstein et al., 2011; Plummer et al., 2011; Pourebrahim et al., 2011).

Existe una clara necesidad de incrementar la participación ciudadana en diferentes niveles de la elaboración y aprobación de los planes de ordenación territorial (Bailey et al., 2011; Bourgoin et al., 2012; Bourgoin and Castella, 2011; Lestrelin et al., 2011).

Otras investigaciones consideran diferentes aspectos de la ordenación del territorio: áreas de riesgo (Buxton et al., 2011), el impacto de una equidad en salud y los planes de ordenación del territorio (Gunning et al., 2011), gestión de la movilidad integral (Rye et al., 2011), clasificación de las estaciones de trenes para un transporte estratégico (Zemp et al., 2011).

Algunos modelos que se han usado recientemente para el desarrollo de planes de ordenación territorial: conversión de usos de suelos “Conversion of Land Use (CLUE)”; CLUE y sistemas de información geográfica (Miao et al., 2011); análisis cluster (Zemp et al., 2011) y modelos de análisis de regresión (Chun-tao and

Xi-dong, 2010).

3.3 Ordenación del Territorio y el desarrollo sostenible.

En el Informe *“Nuestro futuro Común” “Our Common Future”* la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas define el desarrollo sostenible como *“aquél desarrollo que es capaz de satisfacer las necesidades actuales sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades”* (Bruntland, 1987), siendo además un derecho que debe ejercerse de *“forma tal que responda equitativamente a las necesidades de desarrollo y ambientales de las generaciones presentes y futuras”* (General Assembly of the United Nations, 1992).

El desarrollo sostenible puede representarse conceptualmente como la intersección o equilibrio entre el aspecto económico, social y ambiental del desarrollo; teniendo que ser equitativo en su ámbito socio económico, aceptable en su ámbito socio ambiental y viable en su ámbito económico ambiental. Sin embargo, alcanzar este equilibrio bajo los estándares o modelos actuales de desarrollo sigue representando un reto a cumplir en la medida de que la mayoría de los países con un Índice de Desarrollo Humano (IDH) ¹ alto el bienestar de sus ciudadanos va ligado

¹ “El índice de desarrollo humano (IDH) es una medida integral de los aspectos claves del desarrollo humano. Este índice mide los logros promedios de un país en tres aspectos básicos del desarrollo humano: vida larga y

3.4 La planificación de plataformas logísticas en el marco de la ordenación del territorio

directamente a una Huella Ecológica ¹ mayor, mientras los países con menor IDH y mayor desigualdad entre sus ciudadanos presentan Huellas Ecológicas menores (WWF and GFN, 2012).

3.4 La planificación de plataformas logísticas en el marco de la ordenación del territorio

La logística se puede definir como “el proceso de diseño y gestión de la cadena de suministro en el sentido más amplio” (Economic Commission for Europe, 2001), esta cadena incluye desde el aprovisionamiento de insumos para la producción hasta la distribución final en el punto de consumo, dando énfasis en todo momento al manejo y gestión de los materiales, su almacenaje y los centros de distribución.

En este sentido, los procesos de globalización han provocado que las cadenas de transporte sean cada vez más complejas y sea necesario el empleo de recursos logísticos para optimizar el transporte. Paralelamente han surgido nodos de intercambio, infraestructuras logísticas de transporte, para mejorar la eficiencia de las cadenas de transporte, cuya concepción y desarrollo deben ser incluidos en los Planes de Ordenación del Territorio considerando que las infraestructuras de

saludable medida según la esperanza de vida, nivel de educación y nivel de vida digno” (Malik, 2013).

¹*“La Huella Ecológica analiza las demandas humanas sobre la biosfera comparando el consumo de la humanidad con la capacidad regenerativa de la Tierra, o biocapacidad. Se calcula el área requerida para producir los recursos que la población consume, el área ocupada por infraestructuras y el área de bosques que se necesita para absorber el CO₂ que no es absorbido por los océanos” (WWF and GFN, 2012).*

3.4 La planificación de plataformas logísticas en el marco de la ordenación del territorio

transporte más importantes son planificadas y desarrolladas por el Estado (Pavón, 2006).

En la actualidad las plataformas logísticas han surgido como puntos o zonas de ruptura de la cadena de transporte, concentrando en su área de desarrollo actividades y funciones técnicas y de valor añadido (Camarero and González, 2006). La tendencia general en el análisis de la explotación y planificación plataformas Logísticas es comparar los ratios y parámetros de la bibliografía internacional. En este sentido, Rodrigue et al. (2013), nos indica que, según la teoría de polos de crecimiento, el desarrollo no es uniforme y se lleva a cabo en lugares específicos alrededor del cual se desarrollan actividades de aglomeración. Para Rodrigue et al. (2013), a través de las infraestructuras que existen alrededor de una actividad se puede mejorar la accesibilidad a proveedores y clientes; por lo que, las terminales de transporte son fuerzas económicas, generan vínculos con otros sectores de la economía y se convierten en focos de actividad económica, por lo que con frecuencia se consideran como polos de crecimiento.

Para que el desarrollo de infraestructura repercuta en el crecimiento regional a largo plazo es necesario que existan políticas complementarias que busquen reducir las diferencias socio-económicas entre distintas regiones (Urrunaga and Aparicio, 2012), siendo un marco propicio para el planteamiento y desarrollo de dichas políticas la Ordenación del Territorio. En este sentido, la estructura territorial

3.4 La planificación de plataformas logísticas en el marco de la ordenación del territorio

de cualquier región se puede concebir como una red de todas sus interacciones económicas, sin embargo la implementación de estas redes en en gran variedad de casos no es planificada (Rodrigue et al., 2013); y el crecimiento económico de las regiones se realiza hoy en día bajo condiciones de fragilidad ambiental (Figuerola, 2013). Quijada-Alarcon et al. (2012) señala que es posible establecer una relación entre el nivel de desarrollo de la red de carretera y el crecimiento económico en algunas regiones. La carga aérea y el PIB per cápita son mutuamente inter-dependientes y causales; y son también variables de política y medidas de desarrollo económico (Kasarda and Green, 2005).

La construcción de un sistema logístico regional es la clave de apoyo para separar, en industrias clusterizadas, los procesos de producción de lo que es su capacidad de transporte de mercancía; siendo, por tanto, la base del desarrollo logístico moderno (Shusheng and Feng, 2006). A su vez, el desarrollo regional logístico de clústers industriales proporciona una buena plataforma para el desarrollo económico de una región. Liu and Fan (2009) establece un sistema de evaluación con índices de impactos en la formación de un sistema regional logístico de industrias clusterizadas basado en cuatro aspectos: recursos, gobierno, sociedad y la red de clústers.

La expansión de Internet, se ha considerado por algunos como un factor que ha venido restando importancia a la ubicación geográfica, cambiando la relación entre

la ubicación de las empresas y sus mercados; no obstante, la ubicación es todavía importante cuando se considera el transporte de mercancías (Lasserre, 2004). La plataforma de información a través del cual se recoge, clasifica, separa, almacena, analiza, evalúa, se comenta, publica y se gestiona la información relacionada con la operación, procesos y gestión de la logística mediante la aplicación de tecnologías de información es un aspecto importante a considerar (Pang and Wang, 2008).

3.5 Minería de Datos como herramienta de planificación

La planificación de nodos e infraestructuras logísticas es un proceso que se ha venido dando de manera particular y casi siempre relativa al nodo o infraestructura a planificar. Esto es debido a la complejidad inherente en el propio proceso de planificación. En este sentido surge la necesidad de explorar nuevas técnicas que permitan la planificación integral de diferentes nodos e infraestructuras inclusive de manera simultánea, donde se pueda determinar los efectos de un determinado nodo o infraestructura sobre el resto de la red logística del país, pero para ello es necesario manejar una cantidad ingente de datos que permitan modelar el desempeño de dichos nodos e infraestructuras en su conjunto.

En 1989 surge el termino “Knowledge Discovery in Databases (KDD)” o Proceso de Descubrimiento de Conocimiento en Base de Datos (Piatetsky-Shapiro, 1990),

3.5 Minería de Datos como herramienta de planificación

y es definido como “el proceso general de descubrir conocimiento útil en los datos” (Fayyad et al., 1996).

Los pasos de KDD consisten en la selección, preparación y limpieza de los datos, incorporación de conocimiento previo, Minería de Datos, y la interpretación y evaluación de los resultados de la Minería de Datos lo que conlleva finalmente al conocimiento extraído de la bases de datos(Riquelme et al., 2006).

Estos pasos de KDD se muestran en la Figura 3.1. Los términos KDD y Minería de Datos son utilizados como términos sinónimos, pero generalmente se acepta la Minería de Datos como un paso particular, y el más importante, dentro de el KDD (Riquelme et al., 2006).

Figura 3.1: Pasos del Proceso de Descubrimiento de Conocimiento en Datos “KKD”

Fuente: Fayyad et al. (1996)

3.5 Minería de Datos como herramienta de planificación

La minería de datos es el proceso de descubrir patrones significativos y estructurados, perfiles y tendencias escudriñando a través de la data mediante tecnologías de reconocimiento de patrones (Mena, 1999).

Para Cancelas et al. (2013) la minería de datos es un área moderna interdisciplinar, cuyas técnicas operan de forma automática (con mínima intervención humana) y son altamente eficientes para trabajar con las grandes cantidades de información. Estas técnicas permiten extraer conocimiento útil (como relaciones y asociaciones entre variables, patrones, etc.) a partir de la información almacenada, lo que permite un mejor análisis y comprensión del problema en estudio. Es así que, “este conocimiento puede ser también post-procesado de forma automática permitiendo obtener conclusiones, e incluso tomar decisiones de forma casi automática, en situaciones prácticas concretas (sistemas inteligentes)” (Cancelas et al., 2013).

Para una correcta Minería de Datos, es importante hacer un proceso de preparación de datos. Zhang et al. (2003) sostiene la importancia de la preparación de los datos en tres aspectos principales:

- **Los datos del mundo real son impuros** ya que pueden estar incompletos y carecer de atributos de interés, presentar ruido que oculten patrones susceptibles de análisis, ó presentar una codificación errónea que induzca patrones erróneos.

3.5 Minería de Datos como herramienta de planificación

- **La minería de datos de alto rendimiento requiere una buena calidad de datos**, por lo que en muchos casos se deben aplicar algoritmos adicionales de manera previa a la minería de datos que permitan detectar y filtrar anomalías o registros duplicados.
- **Los datos de calidad producen patrones de alta calidad** mediante una depuración previa que permita recuperar datos incompletos, eliminar valores inusuales, o resolver conflictos en la data mediante la aplicación de criterio experto.

Han and Kamber (2006) señala que el proceso de preparación de datos consiste en: limpieza de la data, integración de la data y la transformación de la data. La **limpieza de la data** consiste en la depuración de la data eliminando el ruido, los valores conflictivos, recuperando los datos incompletos y eliminando registros duplicados. La **integración de la data** se enfoca en unificar la data depurada, detectando aquellos atributos iguales que puedan tener nombres distintos dentro de la data y que pueda por tanto provocar redundancias. la limpieza de datos e integración de datos se realiza como un paso previo para el almacenaje de la data y pueden hacerse de forma alterna, ya que en muchos casos es necesario detectar y eliminar redundancias resultantes de la propia integración de la data. La **transformación de la data** puede ser requerida para la aplicación de algunas

3.5 Minería de Datos como herramienta de planificación

técnicas de minería de datos tales como las redes bayesianas que requieren una discretización de las variables, u otras técnicas como redes neuronales o cluster que presentan un mejor desempeño si los datos son previamente normalizados.

Algunas técnicas de minería de datos son: **análisis factoriales descriptivos** para el análisis de realidades multivariantes complejas; **técnicas de clustering** para identificar los individuos más parecidos entre sí; **series temporales** para modelar tendencias, ciclos, variación estacional de series históricas de datos; **redes neuronales** inspirada en el modelo biológico, que permite el aprendizaje en contextos difíciles; **modelos lineales generalizados** para tratar diferentes tipos de variables de respuesta; **previsión local** para predecir el comportamiento de individuos en un espacio euclídeo a partir del comportamiento observado en sus vecinos; **algoritmos genéticos** que simulan el modelo biológico de la evolución de las especies; **árboles de decisión** que de manera visual describen reglas de decisión bajo las cuales operan distintas variables; **redes bayesianas** permite representar los posibles sucesos mediante un grafo de probabilidades condicionales entre variables padres e hijos, estableciendo relaciones causales y realizar predicciones (Aluja Banet, 2001).

Algunos ejemplos de la aplicación de las técnicas de minería de datos son: especificación de modelos econométricos (Rodríguez et al., 2009); medicina (Shouman et al., 2012), (Koh and Tan, 2011); educación (Yadav et al., 2012), (Asif

et al., 2012); banca y finanzas (Ravi et al., 2012), (Kwak et al., 2012), (Prasad and Madhavi, 2012).

3.5.1 Árboles de decisión

Un árbol de decisión es un modelo lógico que se representa como un árbol binario (separación de dos vías) que muestra cómo se puede predecir el valor de una variable de destino utilizando los valores de un conjunto de variables predictivas. Los árboles de decisión han presentado una gran variedad de estudios que validan su aplicación a áreas tales como la banca y finanzas, y la medicina.

Un ejemplo de su aplicabilidad ha sido la medición del riesgo crediticio, entendido este como la probabilidad de que una entidad financiera incurra en pérdidas a consecuencia del incumplimiento por parte de sus deudores. Conociendo datos históricos del comportamiento de los clientes de una entidad bancaria, Hernández (2004) determina seis categorías o perfiles de riesgo que sirven para tomar decisión sobre el otorgamiento o no de un crédito.

En medicina existe variedad de ejemplos de aplicación de árboles de decisión. Trujillano et al. (2008) desarrollaron un modelo que permite calcular la probabilidad de muerte en infarto agudo de miocardio. Usando árboles de decisión, Lira et al. (2013) determinaron un patrón que les permite identificar nuevos compuestos con actividad antimicrobiana para combatir infecciones detectando

3.5 Minería de Datos como herramienta de planificación

compuestos nuevos que eludan la resistencia que presentan algunos microbios a los antibióticos comerciales. Lira et al. (2013) construyeron en base a una serie histórica de datos un árbol de decisión que les permite predecir la progresión de la fiebre hemorrágica del dengue.

En la planificación del territorio, se ha usado los árboles de decisión en aspectos específicos tales como: Hermann et al. (2013) crearon un árbol de decisión que permite la gestión de restauración del parque forestal Horseshoe Bend National Military Park, situado en Alabama Estados Unidos de América; otro ejemplo es la clasificación de usos de la tierra y land cover (Qi et al., 2012) (Friedl and Brodley, 1997) (Matinfar and Roodposhti, 2013) (Rafii et al., 2012).

Bastardie et al. (2013) construyeron un modelo que permite la planificación de la pesca considerando el consumo de combustible, los costes de funcionamiento y los patrones de pesca, de manera tal de optimizar los recursos.

Estos estudios concluyen el fácil entendimiento de los árboles de decisión (Hernández, 2004), y la ventaja que presenta su uso simplificado en actividades complejas (Trujillano et al., 2008), además de permitir la clasificación de un gran número de variables (Hermann et al., 2013).

3.5.2 Redes bayesianas

En la actualidad, la Minería de datos se expande gracias al desarrollo y la innovación en los diferentes algoritmos que la componen. Este interés creciente no es producto de la casualidad, sino que responde de manera directa a la versatilidad y potencialidad de los algoritmos de Minería de Datos hasta ahora desarrollados. Un ejemplo claro de esta realidad lo representan las Redes Bayesianas, que “constituyen una metodología elegante y potente basada en la probabilidad y la estadística que permite construir modelos de probabilidad conjunta manejables que representan las dependencias relevantes entre un conjunto de variables” (Grupo de Meteorología de Santander, 2014), sin que la cantidad de variables represente una limitante, salvo las que existan por la propia capacidad de cálculo de los equipos computacionales donde se construyen dichos modelos.

Una Red Bayesiana es representada como un grafo dirigido acíclico, con nodos que representan variables y arcos que las unen y que representan dependencias condicionales codificadas en el modelo (Lozano, 2011). La ausencia de arcos entre dos variables cualesquiera indica una independencia condicional, por lo que no hay situaciones en las que la probabilidad de una de las variables dependa directamente del estado de la otra (Kadie et al., 2001). El grafo describe las dependencias existentes en el modelo y define una factorización de la distribución de probabilidad

conjunta dando así un modelo que es compatible con las dependencias codificadas.

La Red Bayesiana codifica la incertidumbre asociada a cada variable por medio de probabilidades, y de acuerdo al teorema de Bayes esta incertidumbre es susceptible de ser modificada en base a observaciones o evidencias sobre el modelo. (Puga and García, 2008).

Algunos conceptos de teoría de grafos necesarios para interpretar correctamente una red bayesiana, son los siguientes:

- **Arco dirigido**, es un par ordenado (X, Y) , y gráficamente se representa por una flecha desde X hasta Y .
- **Padre**, donde X es padre de Y si y sólo si existe un arco $X \longrightarrow Y$, y por tanto Y es **hijo** de X .
- **Camino dirigido**, es una secuencia ordenada de nodos $(X_{i1}, \dots, X_{ir})$ tal que para todo $j = 1, \dots, r - 1$ el arco $X_j \rightarrow X_{j+1} \in A$.
- **Ascendente**, donde X es un ascendente de Z si y sólo si existe un camino dirigido de X a Z .
- **Descendiente**, donde Z es un descendiente de X si y sólo si X es un antepasado de Z .

Las Redes Bayesianas permiten crear una estructura de modelo de decisión, sin importar su tamaño o complejidad, centrando las decisiones en los parámetros

3.5 Minería de Datos como herramienta de planificación

y los valores que asumen los criterios de decisión bajo condiciones de certeza (Grupo de Meteorología de Santander, 2014). Un único modelo sirve para diferentes propósitos, además del de explicar el comportamiento colectivo del sistema, (Trueba et al., 2008). utilizando posteriormente mecanismos de inferencia probabilística para obtener conclusiones en base a la evidencia disponible (Pearl, 1988) (Castillo, 1997).

Las redes bayesianas se construyen en base a un sistema experto, mediante el desarrollo de técnicas que sirven para el aprendizaje a partir de un conjunto de datos asociados al modelo y que permiten además compartir el conocimiento obtenido a partir de los datos del caso de estudio (Lozano, 2011). Un sistema experto como aquel que “puede definirse como un sistema informático (hardware y software) que simula a los expertos humanos en un área de especialización dada” (Castillo, 1997).

Lozano (2011) define una Red Bayesiana de acuerdo a sus características principales:

- **Es un modelo probabilístico que relaciona un conjunto de variables mediante un grafo dirigido.** El grafo es dirigido porque los enlaces o arcos están orientados en una dirección específica (Puga and García, 2008).
- **Es una red gráfica sin ciclos.** Durante el proceso de construcción de una Red Bayesiana no se crean ciclos o bucles en el grafo; por lo que si se recorre un

camino dirigido desde un nodo no será posible regresar al punto de partida (Puga and García, 2008).

- **Su representación ilustra dependencias que permiten un razonamiento probabilístico**, siendo sus nodos variables aleatorias y los arcos las relaciones de dependencia directa entre las variables.
- **Es una herramienta informática que permite la construcción de diferentes modelos de acuerdo al caso de estudio** y a los requisitos de la investigación y de las condiciones del comportamiento de las variables.
- **Permite obtener las relaciones de dependencia existentes entre los atributos de los datos de estudio**, especificando los cálculos de independencia condicional junto con las probabilidades condicionales.

3.5.2.1 Aplicaciones de las redes bayesianas

Los Redes Bayesianas poseen diferentes aplicaciones para diagnóstico, clasificación y decisión al suministrar información de las relaciones de las variables, pudiendo ser interpretadas como relaciones causa-efecto (Lozano, 2011).

En el ámbito de la planificación de usos de suelos, para establecer escenarios futuros de usos tomando en consideración los conflictos de intereses que se pueden presentar producto de las decisiones de los planificadores con relación a los

3.5 Minería de Datos como herramienta de planificación

usuarios de dichos suelos (McCloskey et al., 2011a), inclusive entre la disyuntiva de desarrollar un área o conservar el entorno natural (McCloskey et al., 2011b). Kocabas and Dragicevic (2013) desarrollaron un modelo espacial que simula el cambio de uso de la tierra bajo la influencia del comportamiento humano y los usos de la misma, mediante la integración de los controladores físicos y sociales claves del cambio de uso de la tierra.

Para la gestión de ríos, Chan et al. (2012) desarrollaron dos modelos con redes bayesianas que permite determinar los caudales ambientales necesarios para mantener la salud ecológica del río Daly (Australia). Otro ejemplo en la gestión de ríos, aplicando el uso de redes bayesianas, es el modelo desarrollado por Borsuk et al. (2012) que les permite predecir las consecuencias morfológicas, hidráulicas, económicas y ecológicas de las actividades de rehabilitación de los ríos.

Para la planificación y gestión de terminales portuarias, Camarero et al. (2014) utilizaron las redes bayesianas como método de caracterización de parámetros tanto físicos como funcionales de terminales de contenedores. Otro ejemplo es la planificación de Zonas de Actividades Logísticas (Flores et al., 2013).

3.5.2.2 Tipos de variables

Un aspecto importante a considerar es la identificación de las variables. Para esto es necesario realizar un estudio del dominio y obtener así el máximo conocimiento y

3.5 Minería de Datos como herramienta de planificación

entendimiento posible del problema a modelar. En el caso de las redes bayesianas, podemos clasificar las variables en objetivo, de observación y factores.

Una **variable objetivo** son variables objeto de interés y por tanto se precisa un razonamiento del estado en el que están o de los valores que presentan.

Una **variable de observación o evidencia** se usa para modelar las formas indirectas de medir las variables objetivo.

Adicional tenemos las **variables factores** que sirven para modelar los fenómenos que afectan a las variables objetivo. Las variables factores se pueden dividir en cuatro categorías a saber: **promotoras** por lo que presentan una correlación positiva, es decir, aumentan la probabilidad de la variable afectada; **inhibidoras**, por lo que presentan una correlación negativa, es decir, disminuyen la probabilidad de la variable afectada; **requeridas**, por lo que es necesario que estos factores intervengan para que sea posible la ocurrencia de las variables afectadas; **preventivas**, por lo que si ocurre, la variable afectada no puede ocurrir.

Además se utilizan las **variables auxiliares** que se utilizan a conveniencia, en muchos casos para simplificar el proceso de modelado o para la especificación de los parámetros.

Otra forma de clasificar las variables es acorde a su escala o forma de medición.

En este sentido tenemos variables cualitativas y cuantitativas. Las **variables**

cualitativas expresan cualidades, características o modalidad; siendo que cada modalidad denomina un atributo o categoría y su medición consiste en una clasificación del atributo o categoría. Las **variables cuantitativas** se expresan numéricamente. Estas variables pueden ser **continuas**, y por lo tanto tomar cualquier valor numérico dentro de un rango especificado; o **discretas**, donde las medidas continuas se proyectan en una escala de valores continuos en un conjunto finito de intervalos, y los valores que pertenezcan a un rango se considerarán como un mismo estado.

3.5.2.3 Construcción de la estructura del modelo

Una vez definidas las variables se procede a la construcción de la estructura del modelo, conectando las variables a través de arcos dirigidos, por lo que un cambio en la dirección de un arco cambia la relación entre las variables. Los arcos en las redes bayesianas no siempre se construyen en la dirección causal, aunque los patrones de independencia en un grafo acíclico son comunes a organizaciones causales (Pearl, 1998); sin embargo es posible representar con modelos equivalentes un mismo sistema, aun así es preferible un modelo con direcciones causales ya que se minimizan el número de arcos en el grafo (Druzdzel and Simon, 1993) (Heckerman and Breese, 1994).

3.5.2.4 Especificación de los parámetros

La especificación de los parámetros es el ultimo paso en el proceso de modelado. Este proceso puede ser resuelto directamente por expertos, pero puede tener un coste económico alto. Otra opción es el aprendizaje a partir de la base de datos, donde se puede realizar el aprendizaje de los parámetros a partir de la estructura, o un aprendizaje estructural donde se aprende tanto la estructura como los parámetros; adicional existe la posibilidad de combinar tanto la especificación directa como el aprendizaje, donde los expertos pueden supervisar el modelo obtenido.

3.5.3 Investigaciones recientes utilizando Árboles de Decisión y Redes Bayesianas.

A continuación, la Tabla 5.2 lista una muestra de las investigaciones realizadas en algunos aspectos de la Ordenación del Territorio utilizando Minería de Datos, y en particular Árboles de Decisión y Redes Bayesianas.

3.5 Minería de Datos como herramienta de planificación

Tabla 3.1: Muestra de algunas investigaciones realizadas en algunos aspectos de la Ordenación del Territorio utilizando Árboles de Decisión y Redes Bayesianas.

Autores (Año)	Título de la Investigación
Árboles de Decisión	
Fernández Boyano et al. (2016)	Developing the prototype AndaLAND for agriculture soil and water assessment in climate change scenarios.
Chaney et al. (2016)	POLARIS: A 30-meter probabilistic soil series map of the contiguous United States.
Ribeiro and Maria (2015)	Mapping informal settlements using WorldView-2 imagery and C4. 5 decision tree classifier.
Nex et al. (2015)	Land Cover Classification and Monitoring: the STEM Open Source Solution
Regmi et al. (2014)	Application of frequency ratio, statistical index, and weights-of-evidence models and their comparison in landslide susceptibility mapping in Central Nepal Himalaya.
Vermote et al. (2014)	Participatory evaluation of regional light rail scenarios: A Flemish case on sustainable mobility and land-use
Hansen et al. (2014)	Monitoring conterminous United States (CONUS) land cover change with web-enabled landsat data (WELD)
Hu and Wang (2013)	Automated urban land-use classification with remote sensing.
Chandio et al. (2013)	GIS-based analytic hierarchy process as a multicriteria decision analysis instrument: a review.
Scolozzi and Geneletti (2012)	A multi-scale qualitative approach to assess the impact of urbanization on natural habitats and their connectivity
Redes Bayesianas	

Sigue en la página siguiente.

3.5 Minería de Datos como herramienta de planificación

Tabla 3.1 – Continua desde la página previa

Autores (Año)	Título de la Investigación
Gonzalez-Redin et al. (2016)	Spatial Bayesian belief networks as a planning decision tool for mapping ecosystem services trade-offs on forested landscapes.
Tien Bui et al. (2016)	Spatial prediction of rainfall-induced shallow landslides using hybrid integration approach of Least-Squares Support Vector Machines and differential evolution optimization: a case study in Central Vietnam.
Lehikoinen et al. (2015)	A Bayesian network for assessing the collision induced risk of an oil accident in the Gulf of Finland.
Penman et al. (2015)	Reducing the risk of house loss due to wildfires.
Frayet et al. (2014)	Analyzing the drivers of tree planting in Yunnan, China, with Bayesian networks.
Webster and McLaughlin (2014)	Application of a Bayesian belief network for assessing the vulnerability of permafrost to thaw and implications for greenhouse gas production and climate feedback.
Poppenborg (2014)	The Impact of Socio-Economic Land Use Decisions on the Provision of Ecosystem Services.
Sun and MüLler (2013)	A framework for modeling payments for ecosystem services with agent-based models, Bayesian belief networks and opinion dynamics models.
Mello et al. (2013)	Bayesian networks for raster data (BayNeRD): Plausible reasoning from observations.
Kocabas et al. (2012)	Integration of a GIS-Bayesian Network agent-based model in a planning support system as framework for policy generation.

Fuente: Fuentes varias.

Metodología

4.1 Introducción

La metodología desarrollada para elaborar la investigación objeto de la tesis doctoral, y cuyo esquema se muestra en la Figura 4.1, se estructura en fases con el fin de la consecución del objetivo principal de la tesis doctoral, que es el desarrollo de una metodología que permita determinar los parámetros de planificación de los nodos e infraestructuras logísticas en un territorio, considerando en su planificación el impacto sobre la red logística actual, el desarrollo poblacional, el desarrollo económico y las consideraciones ambientales necesarias. Y la consecución de los objetivos parciales descritos en la sección 1.2.

Figura 4.1: Esquema de la investigación

Fuente: elaboración propia

La metodología se divide en tres fases principales:

Fase 1: Determinación del escenario de trabajo

1. Revisión del estado del arte.
2. Determinación y obtención de las variables de estudio.

Fase 2: Desarrollo del modelo de inteligencia artificial

3. Construcción de los árboles de decisión.
4. Construcción de las redes bayesianas.

Fase 3: Conclusiones

5. Determinación de las conclusiones.

4.2 Fase 1: Determinación del escenario de trabajo

4.2.1 Revisión del estado del arte

Consiste en la revisión del estado del arte para identificar el conjunto de variables para caracterizar los nodos logísticos, la población y el crecimiento económico de una región; además de minería de datos, y en particular sobre árboles de decisión y redes bayesianas. Con el estado del arte se establece además la base del conocimiento necesarios para valorar las aportaciones que realiza la tesis doctoral al conocimiento actual.

El estado del arte se basa en explorar el conocimiento actual poniendo énfasis en las últimas investigaciones en el área de planificación territorial, la planificación de nodos e infraestructuras logísticas; y el uso actual de la minería de datos: árboles de decisión y redes bayesianas, y en particular en el área de planificación territorial.

La revisión del estado del arte se realiza mediante el empleo de buscadores especializados tales como:

- Google Scholar <http://scholar.google.es>
- Web Of Science <https://www.accesowok.fecyt.es>
- Dialnet <http://dialnet.unirioja.es>

La producción científica consiste en la elaboración de la tesis doctoral y la publicación de artículos científicos escritos en $\text{\LaTeX}$, con el uso de los siguientes gestores de referencias:

- RefWorks <http://www.refworks.com>
- BibTeX <http://www.bibtex.org>

4.2.2 Determinación y obtención de las variables de estudio

Una vez determinado el estado del arte, el paso siguiente es la determinación de las variables de estudio.

4.2 Fase 1: Determinación del escenario de trabajo

Se seleccionan las variables que producto de la revisión del estado del arte, sean las que se usen para la planificación territorial y en particular la planificación de nodos e infraestructuras logísticas. En este sentido la determinación de las variables no se limita de manera alguna por razones de cantidad de las mismas, ya que las técnicas de minería de datos permiten el manejo de grandes cantidades de datos, por lo que se pueden manejar todas las variables que se determinen son las que se usan para estos tipos de estudios.

Al ser las variables numerosas en cantidad, para un mejor manejo de las mismas, estas se clasifican en cuatro tipo o grupos, de acuerdo a su naturaleza: Económicas, Ambientales, Poblacionales y Nodos e infraestructuras logísticas (que a su vez se subdivide en variables físicas y funcionales, y variables de movimiento de carga y pasajeros) Figura 4.2.

4.2.3 Determinación de los niveles de planificación

Una vez determinada las variables de estudio, se determinan además los nodos e infraestructuras logísticos que van a formar parte del estudio y para los cuales se requiere obtener el valor de sus variables usando diferentes fuentes de información. Los valores de las variables tienen que ser referidos a las unidades territoriales identificadas en el país. Estas unidades territoriales pueden corresponder a la división política o administrativa, o una combinación de ellas, de acuerdo a la

Figura 4.2: Esquema de grupos de variables por unidad territorial

Fuente: elaboración propia

4.2 Fase 1: Determinación del escenario de trabajo

disponibilidad y calidad de la información.

Los niveles de planificación propuestos, y mostrados de forma esquemática en la Figura 4.3. son:

- **Nivel 4:** Corresponde a todo el país.
- **Nivel 3:** Corresponde a la máxima extensión territorial ó máxima división político-administrativa dentro del país.
- **Nivel 2:** Corresponde a una extensión territorial ó división político-administrativa intermedia, donde se pueden agrupar por zonas distintas unidades territoriales.
- **Nivel 1:** Corresponde a la mínima extensión territorial ó mínima división político-administrativa dentro del país.

De cada una de estas unidades territoriales, se debe tener además información de las variables poblacionales, económicas y ambientales, que previamente han sido seleccionadas producto de la revisión del estado del arte.

Figura 4.3: Esquema de niveles de planificación territorial de un país atendiendo a su estructura socio-política

Fuente: elaboración propia

4.3 Fase 2: Desarrollo del modelo de inteligencia artificial

4.3.1 Construcción de los árboles de decisión

El modelo de inteligencia artificial con el algoritmo de Minería de Datos - Árboles de Decisión se construye con la totalidad de las variables correspondientes al caso de estudio.

El software escogido para construir el árbol de decisión es DTREG, desarrollado por Sherrod (2003), y que es capaz de construir árboles de decisión, redes neuronales, k-means clustering, análisis discriminante y modelos de regresión logística.

Tal como se señaló en el punto 3.5.1 del Estado del Arte, un árbol de decisión es un modelo lógico que se representa como un árbol binario (separación de dos vías) que muestra cómo se puede predecir el valor de una variable de destino utilizando los valores de un conjunto de variables de predicción.

Un árbol de decisión se compone de dos tipos de variables básicas. La variable objetivo que es aquella que se pretende explicar, y las variables de decisión que explican el comportamiento de la variable objetivo.

Cada una de las cajas mostradas en la Figura 4.4 es denominada nodo, y representa un conjunto de datos de la base de datos de trabajo. En el caso de los nodos que

4.3 Fase 2: Desarrollo del modelo de inteligencia artificial

tienen nodos secundarios (nodos 1 y 3), estos se denominan nodos interiores, y los nodos que no tienen nodos secundarios se denominan nodos terminales. El nodo inicial 1 es llamado nodo raíz, y a partir de él se calculan el resto de los nodos.

Figura 4.4: Ejemplo de árbol de decisión

Fuente: Sherrod (2003)

El árbol de decisión se construye a través de una división binaria que divide a las filas de un nodo en dos nodos secundarios. La división es seleccionada por el algoritmo de manera tal que permita predecir el valor de la variable objetivo.

El proceso de construcción y poda de un árbol de decisión es complejo y computacionalmente intenso. A continuación un resumen de los pasos seguidos por DTREG (Sherrod, 2003):

Construcción del árbol

4.3 Fase 2: Desarrollo del modelo de inteligencia artificial

- Examinar cada nodo y encontrar la mejor división posible
- Examinar cada variable de predicción.
- Examinar cada posible división para cada variable de predicción.
- Crear dos nodos hijos.
- Determinar cuales filas corresponden a cada uno de los nodos hijos. Esto puede implicar el uso de divisiones subrogadas.
- Continuar el proceso hasta alcanzar un criterio de parada.

Podar el árbol

- Construir un conjunto de arboles de validación cruzada.
- Calcular el coste de clasificación errónea de la validación cruzada para cada posible tamaño de árbol.
- Podar el árbol primario al tamaño óptimo.

Para evaluar la calidad de las divisiones durante la construcción del árbol de decisión se usa el Índice de Gini. Con el Índice de Gini cada división es escogido para maximizar la heterogeneidad de las categorías de la variable objetivo en los nodos hijos.

4.3.1.1 Construcción del árbol de decisión para la clasificación territorial en grupos logísticos

El primero de los árboles de decisión a ser construido es el árbol de decisión de clasificación territorial en grupos logísticos. Este árbol de decisión permite agrupar en grupos logísticos las diferentes unidades territoriales presentes en el territorio objeto de estudio.

La variable objetivo es uno y cada uno de los niveles de planificación, para lo cual se deben construir distintos arboles de decisión que permitan evaluar y seleccionar la unidad territorial óptima para la planificación.

La selección del nivel de planificación óptimo es determinado por aquel árbol de decisión que permita clasificar de manera óptima el territorio, tomando en consideración la división administrativo - política del territorio.

4.3.1.2 Construcción de los árboles de decisión para las variables objetivo

Una vez definida la unidad territorial óptima de planificación y establecidos los grupos logísticos, se construyen árboles de decisión para cada una de las variables de decisión seleccionadas por el algoritmo de arboles de decisión para la clasificación logística territorial.

4.3.2 Construcción de las redes bayesianas

Para Céspedes et al. (2003), las redes bayesianas “son una representación compacta de una distribución de probabilidad multivariante”, a través de un grafo dirigido acíclico, donde los nodos representan variables aleatorias, y la unión entre los nodos representa las relaciones de dependencias entre las variables. Según Céspedes et al. (2003), “asociada a cada nodo de la red hay una distribución de probabilidad condicionada a los padres de ese nodo, de manera que la distribución conjunta factoriza como el producto de las distribuciones condicionadas asociadas a los nodos de la red”. Así tenemos que, de acuerdo a (Cancelas et al., 2013), para una red con n variables $X_1, X_2, \dots, X_n$, como se aprecia en la ecuación 4.1:

$$p(x_1, \dots, x_n) = \prod_{i=1}^n p(x_i | x_{pa(i)}) \quad (4.1)$$

De acuerdo a Cancelas et al. (2013), utilizando la expresividad de los grafos, las “redes probabilísticas” logran automatizar el proceso de “modelización probabilística”. En este mismo sentido, estos autores señalan que los modelos resultantes utilizan la teoría de grafos con el fin de representar las relaciones (de dependencia e independencia) de las variables y sus probabilidades que permiten cuantificar las relaciones establecidas; todo esto a través de un aprendizaje automático, y de la evidencia disponible. El conocimiento de estos sistemas es

4.3 Fase 2: Desarrollo del modelo de inteligencia artificial

“una estimación de la función de probabilidad conjunta de todas las variables del modelo”(Cancelas et al., 2013).

Para la construcción de la red se ha utilizado el software Elvira específico para trabajar con redes bayesianas. Elvira Consortium (2002) cuenta con:

- formato particular para la codificación de los modelos,
- lector-intérprete de modelos codificados,
- interfaz gráfica de construcción de redes,
- algoritmos para el razonamiento de variables discretas como continuas,
- explicación del razonamiento
- toma de decisión mediante algoritmos
- aprendizaje de modelos a partir de bases de datos, etc.

Rodríguez and Dolado (2007) definen la ingeniería del conocimiento en las Redes Bayesianas como “el proceso de construcción, validación y utilización de redes bayesianas” a través de la definición de la estructura o grafo y los parámetros de la red que se tabulan en tablas de probabilidad, siendo necesario ejecutar, de acuerdo a estos autores, los siguientes pasos, incluidas varias iteraciones para optimizar los resultados:

4.3 Fase 2: Desarrollo del modelo de inteligencia artificial

- **Conocer el dominio a modelar.** El conocimiento del dominio o “Domain Knowledge” consiste en “obtener información adicional sobre la data disponible a través de un proceso adicional o de un experto en la materia” Moral (2014); lo que permite guiar la búsqueda y evaluar los patrones resultantes (Moral, 2014).
- **Seleccionar las variables de interés.** Aún cuando la minería de datos permite el uso de una gran cantidad de variables, el coste computacional producto de una descuidada selección de datos puede llegar a ser alto, por lo que hay que evitar la inclusión en la estructura de variables que añadan complejidad innecesaria.
- **Para cada variable definir su tipo.** Los tipos de variables pueden ser booleano, etiqueta o numérico; además hay que definir su discretización en caso de ser necesario. De existir redes con variables continuas se deberá definir sus parámetros.
- **Definir la topología de la red.** Es necesario establecer las relaciones entre las variables, siendo preferentes las relaciones causales, porque este tipo de relaciones construyen una red más compacta y se maximizan las independencias condicionales sin arcos innecesarios. La causalidad implica una correlación, pero no así a la inversa; por lo que al automatizar la construcción de las redes, es necesario la intervención de los expertos del

4.3 Fase 2: Desarrollo del modelo de inteligencia artificial

dominio para añadir o eliminar arcos, definir o corregir las direcciones de las relaciones causales establecidas.

- **Construcción de las tablas de probabilidad para cada nodo.**
- **Evaluación y verificación de la red bayesiana.** El análisis de sensibilidad permite comprobar como varían los valores introducidos como evidencias en algunas variables afectan los resultados de el resto de variables.

Figura 4.5: Esquema de pasos para la construcción de una red bayesiana.

Fuente: Rodríguez and Dolado (2007)

De acuerdo a (Rodríguez and Dolado, 2007), cuando el sistema tiene pocas variables y estados, la construcción de la red bayesiana puede ser realizada de forma manual; sin embargo, en la actualidad la mayoría de las bases de datos a partir de las cuales se crean las redes bayesianas contienen una infinidad de variables que imposibilitan la construcción manual de una Red Bayesiana, por lo que ha

4.3 Fase 2: Desarrollo del modelo de inteligencia artificial

sido necesario automatizar el proceso de construcción. Lo cual puede ser realizado usando los pasos de minería de datos descritos en el punto 3.5 del Estado del Arte.

El uso de redes bayesianas para la representación gráfica de las relaciones entre variables presentan una serie de ventajas inherentes a su uso, que permiten entender las relaciones causales a través del grafo(Puga et al., 2007), porque una red bayesiana es “una representación directa del mundo y no de procesos de razonamiento... los arcos representan conexiones reales y no el flujo de información durante el razonamiento” (Pearl, 2011). Algunas de estas ventajas son:

- Las redes bayesianas permiten representar simultáneamente la dimensión cualitativo (grafo) y la cuantitativa (las tablas de probabilidad) de un problema en un entorno gráfico inteligible (Puga et al., 2007) (Heckerman, 1998); usando criterios objetivos (datos históricos) o subjetivos (predicciones de expertos del dominio, método delphi) (Rodríguez and Dolado, 2007).
- Las redes bayesianas pueden trabajar con data incompleta o de forma eficiente (Puga et al., 2007)(Heckerman, 1998).
- Las redes bayesianas permiten la inferencia bidireccional, por lo que es posible usar las variables de entrada para predecir las variables de salida, y las variables de salida para predecir las variables de entrada (Rodríguez and Dolado, 2007) (Pearl, 2011) (Puga et al., 2007)

4.3 Fase 2: Desarrollo del modelo de inteligencia artificial

- Las redes bayesianas permiten el análisis de sensibilidad, por lo que se puede medir el impacto que producen cambios en los parámetros de la red en las probabilidades calculadas (Rodríguez and Dolado, 2007) (Laskey, 1995).
- Las redes bayesianas permiten modelar grados de certidumbre por lo que pueden realizar predicciones con información incompleta (Rodríguez and Dolado, 2007). Las redes bayesianas sirven como un método poderoso de razonamiento sobre relaciones causales entre diversos contextos inciertos (Gu et al., 2004).
- El resultado de una red bayesiana es una probabilidad de distribución y no valores únicos, por lo que es posible medir valores de confianza, es decir, la probabilidad de que una variable tome un valor determinado. Esta característica hace atractivo el uso de un modelo basado en redes bayesianas para la toma de decisiones (Rodríguez and Dolado, 2007; Wahba, 1983; Marcot, 2012).

A pesar de las ventajas de usar redes bayesianas, estas se revisten de algunas dificultades o limitaciones a la hora de su construcción. Para Niedermayer (2008) uno de los problemas principales es el coste computacional de explorar una red previamente desconocida y calcular las probabilidades de cada uno de los nodos de la red; otro problema es la calidad y el alcance de los parámetros iniciales que

4.3 Fase 2: Desarrollo del modelo de inteligencia artificial

pueden distorsionar e incluso invalidar los resultados, ya que de estos depende la utilidad de la inferencia bayesiana. Para Rodríguez and Dolado (2007) otras de las desventajas de usar redes bayesianas es que ante una relación poco evidente entre dos variables, puede que el modelo no tenga en cuenta dicha relación; además de la probabilidad de errores inducidos por la discretización de variables, valores perdidos en la data, ruido, etc.

4.3.2.1 Discretización de variables

De acuerdo a Flores et al. (2013), una vez seleccionadas las variables de estudio en las tareas anteriores es necesario, para el proceso de construcción de los modelos, la discretización de las variables. Tal como señalan estos autores, la mayoría de las redes bayesianas consideran variables discretas; por lo tanto, las variables que no cumplan este criterio hay que discretizarlas. Los métodos para discretizar variables pueden ser supervisados y no supervisados, permitiendo así distintos tipos de discretizaciones, donde esto será por tanto una opción del software aplicado o desarrollado.

4.3.2.2 Construcción del modelo

En esta parte de la construcción del modelo, de acuerdo a Sucar (2014) se obtiene la estructura de la red, lo que se denomina como aprendizaje estructural, donde se encuentran las relaciones de dependencia entre las variables. De acuerdo a

4.3 Fase 2: Desarrollo del modelo de inteligencia artificial

este autor, al tipo de estructura se aplican diferentes métodos de aprendizaje estructural: aprendizaje de árboles, aprendizaje de poli-árboles y aprendizaje de redes multiconectadas (que a su vez se subdividen en métodos basados en medidas y búsqueda y métodos basados en relaciones de dependencia).

4.3.2.3 Inferencia

De acuerdo a Lozano (2011) “la incertidumbre es natural en el proceso de razonamiento” y se puede inferir de manera deductiva una proposición cierta o falsa de acuerdo a los límites de las estimaciones realizadas. Las redes bayesianas simulan diferentes condiciones de incertidumbre cuando se desconoce la veracidad de una hipótesis planteada en un rango de variación. En este sentido, Lozano (2011) señala que “todos los modelos bayesianos tienen en común la asignación de la probabilidad como medida de creencia de una hipótesis, así es que, la inferencia es un proceso de reajuste de medidas de creencia al conocerse nuevos axiomas”. En el proceso de inferencia bayesiana se utilizan evidencias y observaciones para establecer la veracidad de una suposición, por lo que se observa la evidencia y se estima un valor de acuerdo al grado de creencia planteado en la hipótesis, por lo que a mayor cantidad de datos se obtienen mejores resultados. Segundo (1994) señala que “las inferencias bayesianas contienen su propia medida interna de la precisión de la inferencia relacionada únicamente con la situación actual, sin necesidad de

4.3 Fase 2: Desarrollo del modelo de inteligencia artificial

acudir a repeticiones de esa situación mediante distribuciones en el muestreo”.

Una vez construido el modelo, se estudia la capacidad de inferencia. El sistema de inferencia que proporciona una red bayesiana, modifica sus tablas de probabilidad al encontrar nuevas evidencias sobre el estado de ciertos nodos, y estas nuevas probabilidades son propagadas al resto de los nodos, lo que se conoce como inferencia probabilística, lo que permite que la probabilidad de algunas variables pueda ser calculada a partir de las evidencias en otras variables (Rodríguez and Dolado, 2007). Las probabilidades previas a la introducción de evidencia se conocen como probabilidades **a priori**; y las probabilidades calculadas a partir de la propagación de nuevas evidencias se llaman probabilidades **a posteriori** (Rodríguez and Dolado, 2007)

Se pueden utilizar las redes bayesianas para construir clasificadores gracias a la inferencia bayesiana (Fernández, 2004). Al crear una red bayesiana en la que las variables se interrelacionan en el grafo, donde la clase pertenece a la variable desconocida objetivo de la inferencia, al proporcionar una instancia para conocer sus atributos la clasificación se verifica infiriendo sobre el grafo la probabilidad posterior de cada valor de la clase, y eligiendo el valor que maximice dicha probabilidad (Lozano, 2011).

4.3.2.4 Clasificación

En esta fase de la construcción del modelo, se aprovechan las características que poseen los métodos bayesianos en tareas de aprendizaje. De acuerdo a Luque (2003) cada ejemplo observado modifica la probabilidad de que la hipótesis de investigación sea correcta, ya bien sea aumentándola o disminuyéndola. En el caso de que una hipótesis no concuerde con un conjunto de ejemplos significativos, esta no es desechada sino que disminuye su probabilidad estimada para la hipótesis de investigación. En este sentido, Luque (2003) señala también que los métodos bayesianos son “robustos al posible ruido presente en los ejemplos de entrenamiento” y a su vez son robustos a la presencia de datos incompletos o erróneos.

4.3.2.5 Validación

Una vez creada la red bayesiana es posible evaluar como su comportamiento se ajusta a un conjunto de datos. Para esto se suele realizar un estudio de validez cruzada, con lo cual se estima el modelo con una porción aleatoria de la muestra de entre el 70 % y el 80 % y seguido se testa el modelo con el 30 % o el 20 % restante, según sea el caso. El grado de ajuste del modelo a este conjunto de datos muestra evidencia sobre su grado de validez (Puga, 2012).

Es posible crear una matriz de confusión o tabla de clasificación, en la que se

compara lo realmente observado con las predicciones hechas por el modelo. La matriz generada se conforma por filas y columnas como estados tenga el nodo sujeto de análisis. En las casillas de la matriz se presentan los casos en los que la red predijo un estado concreto en comparación con el estado observado en la base de datos de prueba; es así que un ajuste perfecto presentaría una diagonal con diferentes frecuencias de ceros y con ceros fuera de la diagonal (Puga, 2012).

4.4 Fase 3: Conclusiones

Las conclusiones se determinan una vez obtenidos resultados tanto parciales como totales de la investigación. La determinación de las conclusiones deben permitir valorar el cumplimiento de los objetivos de la investigación, a la vez que de establecer futuras líneas de investigación.

Caso de Estudio

5.1 Introducción

La República de Panamá es un país soberano de América, cuya capital es la Ciudad de Panamá. Geográficamente limita al norte con el mar Caribe, al Sur con el Océano Pacífico, al este con Colombia y al oeste con Costa Rica. Situada entre las coordenadas 7°12'07" y 9°38'46" de Latitud Norte y los 77°09'24" y 83°03'07" de Longitud Oeste (ver figura 5.1). Regionalmente está ubicada en el extremo sureste de América Central, no obstante es habitual separar Panamá de Centro América; un ejemplo son los informes de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe de las Naciones Unidas (CEPAL) donde hacen referencia por separado del país de la región, debido a sus marcadas diferencias de desarrollo económico.

Figura 5.1: División Política de Panamá
Fuente: Elaboración propia del autor (GIS)

Desde sus inicios, su privilegiada ubicación y forma geográfica le dieron su condición de territorio de tránsito, volviéndola en punto de encuentro de culturas provenientes de todo el mundo. Actualmente es el escenario geográfico del Canal de Panamá, facilitando la comunicación entre los océanos Pacífico y Atlántico; ofreciendo una amplia plataforma de servicios marítimos, comerciales, inmobiliarios y financieros.

La República de Panamá posee una extensión de 75. 517 km² y una población de 3,4 millones de habitantes distribuidos de forma casi igualitaria por género, según datos del censo de 2010, además en el 2008 el 55,1 % de los hombres y el 50,5 % de las mujeres, de 15 años o más, están casados o conviven juntos (Comisión Económica para América Latina y el Caribe de las Naciones Unidas, 2011). Más de la mitad de la población vive en la Ciudad de Panamá. Su población está compuesta por mestizos, mulatos, negros, blancos, además de siete grupos indígenas autóctonos y otros orígenes étnicos.

Según datos del Censo del 2010 de la Contraloría General de la República de Panamá El 35 % de la población se concentró en el Area Metropolitana de la Ciudad de Panamá, y el 61,7 % de la población vive en las Provincias de Panamá, Panamá Oeste y Colón. La figura 5.2 muestra el mapa de la distribución de la densidad de la población, donde se observa que la concentración de población disminuyendo drásticamente en el resto del territorio.

Figura 5.2: Mapa de la distribución de la densidad de población
Fuente: Elaboración propia del autor (GIS) de acuerdo a datos estadísticos del 2010

De acuerdo UNCTAD (2016) actualmente la esperanza de vida en Panamá supera los 78 años (2015-2020). Las tendencias actuales, de acuerdo a CEPAL, indican que para el 2025 el 10,0 % de la población será mayor de 65 años, y que para el 2050 esta cifra rondará el 17,9 % lo que indicaría un proceso de envejecimiento de la población, con el aumento de la población de la tercera edad. Estas cifras por si solas tienen el significado que les da el propio cálculo de su indicador. No obstante en conjunto señalan que a pesar que se ha aumentado la esperanza de vida, aún falta mucho por hacer en materia sanitaria ya que el país sigue teniendo una alta tasa de mortalidad infantil. Esto incide directamente en el urbanismo, pues que el aumento progresivo de la población envejecida indica que en un futuro se tendrán que replantear los equipamientos, que de cierta manera actualmente responden en su mayoría a satisfacer la necesidades de la población joven.

Según UNCTAD (2016), en el 2014 el porcentaje de la población en situación de pobreza e indigencia, definido como el porcentaje del total de la población cuyo ingreso per cápita medio está por debajo de la línea de pobreza e indigencia (extrema pobreza), asciende a un 25,8 % de la población total.

Por otra parte, el índice de desarrollo humano IDH 2014 (PNUD, 2015), que resume los datos sobre esperanza de vida, matriculación escolar e ingreso en un solo indicador compuesto, está encabezado por Noruega, Estados Unidos de América se ubica la posición 8, España en la posición 26 y la República de Panamá en posición

60, presentando así: un desarrollo humano alto.

El alto índice de pobreza es de por sí preocupante, aunque ha ido disminuyendo con el pasar de los años. Esto indica que existe un gran porcentaje de asentamientos poblacionales marginados, y que en el caso de la Ciudad de Panamá se vuelve crítico, ya que en ella convive más de la mitad de la población a nivel nacional. No obstante existen otras cifras un poco más alentadoras como es el Índice de Desarrollo Humano, en el que no solo la República de Panamá se ubica en buena posición con respecto al resto de los países latinoamericanos, sino que este índice ha ido creciendo. Esta aparente contradicción entre los niveles de pobreza y el índice de desarrollo humano se esclarece si consideramos que el resto de la población que no es pobre, es cada día más educada y logra un mejor nivel de vida. Siendo así, se deben fortalecer aún más las políticas de equidad, que van de la mano de una planificación territorial responsable y sostenible.

En cuanto al medio ambiente, de acuerdo a Global Foot Print Network (2016) para el 2014 en la República de Panamá se registró una huella ecológica por persona equivalente a 2,8 hectáreas globales, mientras que la biocapacidad disponible por persona fue de 2,9 hectáreas globales; dejando un escaso saldo positivo en biocapacidad. En este sentido cabe destacar que aproximadamente el 35 % del territorio de la República de Panamá se encuentra protegido por Ley, distribuido en parques naturales que por su riqueza biológica se ha limitado la vertebración del

los Diputados, escogidos mediante postulación partidista y votación popular directa para ocupar el cargo por un período de 5 años.

Políticamente la República de Panamá está dividida en 10 provincias (ver figura 5.1), 75 distritos o municipios, 3 comarcas indígenas de nivel provincial y 625 corregimientos de los cuales dos son comarcales.

Cada Distrito tiene un Alcalde, además de los un concejal por cada corregimiento que lo componga, escogidos mediante postulación partidista y votación popular directa para ocupar el cargo por un período de 5 años. Tanto el periodo del Órgano Ejecutivo, como el del Legislativo, de los Alcaldes y los Concejales coinciden en tiempo.

Figura 5.4: Mapa de la distribución de la densidad del PIB
Elaboración propia del autor (GIS) de acuerdo a datos estadísticos del 2011

5.2 Nodos e infraestructuras logísticas de la República de Panamá

5.2.1 El Canal de Panamá y los puertos de contenedores

Tal como se señaló en el punto 2.2, la República de Panamá ha desarrollado hasta la fecha la mayoría de sus nodos e infraestructuras logísticas en torno al Canal de Panamá. Este desarrollo que ha gravitado en torno al Canal de Panamá responde en un principio a las limitaciones que hasta el 31 de diciembre de 1999 tenía el país sobre su propio territorio, al existir la denominada zona del canal de Panamá, y en segundo termino, a la alta concentración de población en torno a la Ciudad de Panamá, que provoca que el resto del país este poco desarrollado con relación a la misma. Los puertos de contenedores se han desarrollado en torno al Canal, dado que se encuentran situados tanto a la entrada/salida tanto atlántica como pacífica del mismo.

Una vez se ponga en funcionamiento la ampliación del Canal de Panamá, prevista para el 26 de junio del 2016, según UNCTAD (2013), para continuar siendo una ruta estratégica clave y un activo para el comercio internacional deberá afrontar algunos factores externos a su funcionamiento como la variación de los precios del combustible que afecta directamente a los buques, el cambio en el origen de la demanda global hacia el desarrollo de regiones distintas a las tradicionales,

5.2 Nodos e infraestructuras logísticas de la República de Panamá

la demanda de mejores tiempo de entrega de la mercancía desde su origen a su destino, la capacidad de los puertos de poder realizar la carga y descarga de los buques Post-Panamax de manera eficiente; los redistribución de las fuentes de abastecimiento y fabricación (manufacturing base), el efecto de las inversiones portuarias en la costa este y oeste de los Estados Unidos de América; y factores internos como la aplicación de nuevas tasas por parte del Canal de Panamá y su efecto sobre su propia competitividad.

La Tabla 5.1 presenta las principales rutas comerciales de Tráfico de Buques de Alto Calado por el Canal de Panamá, donde la ruta comercial principal es la Costa Este E.U.A. - Asia (Lejano Oriente). Así, que el ranking de países por Flujo de Carga origen/destino (2014) a través del Canal de Panamá es liderado por Estados Unidos de América, seguido de China (ver figura 5.5). Además, la Tabla 5.2 muestra las principales mercaderías transportadas a través del Canal de Panamá, según ruta (Atlántico a Pacífico, Pacífico a Atlántico).

5.2 Nodos e infraestructuras logísticas de la República de Panamá

Tabla 5.1: Rutas Comerciales de Tráfico de Buques de Alto Calado por el Canal de Panamá (en miles)

Ruta Comercial del Buque	2013		Porcentaje ¹ ↑↓	
	Toneladas Netas ²	Carga ³	Toneladas Netas ²	Carga ³
Costa Este E.U.A. - Asia (Lejano Oriente)	112 722	77 027	-12,9 %	-8,6 %
Costa Este E.U.A. - Costa Oeste Suramérica	29 950	28 156	2,7 %	1,9 %
Europa - Costa Oeste Suramérica	22 885	14 209	6,0 %	-1,4 %
Costa-a-Costa, Suramérica	16 668	11 556	7,1 %	3,9 %
Costa Este E.U.A. - Costa Oeste Centroamérica	11 617	9 560	-2,7 %	-5,3 %
Europa - Costa Oeste E.U.A./Canadá	11 598	10 281	-2,3 %	5,4 %
Costa-a-Costa, E.U.A. (incluye Alaska y Hawaii)	10 991	5 065	-7,9 %	-11,1 %
Costa Este E.U.A./Canadá - Oceanía	4 821	2 203	0,2 %	7,8 %
Costa Este Suramérica - Costa Oeste E.U.A./Canadá	4 018	3 362	8,1 %	-9,4 %
Alrededor del Mundo	3 535	1 700	607,2 %	418,7 %
Antillas - Costa Oeste Centroamérica	3 061	1 777	1,5 %	43,6 %
Europa - Asia	929	857	-34,7 %	-4,1 %
Sub Total	232 794	165 752	-4,9 %	-3,2 %
Otras Rutas	86 752	44 132	-1,1 %	-5,8 %
Total	319 545	209 885	-3,9 %	-3,8 %

1: Porcentaje de incremento y decremento.

2: Toneladas Netas CP/SUAB de buques de alto calado.

3: Toneladas Largas.

Fuente: UNCTAD (2012)

5.2 Nodos e infraestructuras logísticas de la República de Panamá

Figura 5.5: Ranking de Países por Flujo de Carga Origen/Destino a Través del Canal

Fuente: Estadísticas de Tránsito de la Autoridad del Canal de Panamá (Autoridad del Canal de Panamá ACP, 2014)

5.2 Nodos e infraestructuras logísticas de la República de Panamá

Tabla 5.2: Principales Mercaderías Transportadas a Través del Canal de Panamá en miles de Toneladas Largas

Atlántico a Pacífico				Pacífico a Atlántico		
2011	2012	2013	Mercancías	2013	2012	2011
23 163	23 611	22 430	Carga Contenerizada	25 953	28 535	31 476
28 042	33 209	33 991	Petróleo y Derivados	6 942	5 642	7 645
38 261	34 739	29 209	Granos	3 666	2 216	1 985
10 463	10 936	13 993	Carbón Mineral y Coque ¹	2 250	3 211	3 746
9 035	8 274	4 350	Minerales y Menas	9 910	10 405	8 336
8 627	8 810	8 654	Químicos y Petroquímicos	4 015	3 820	4 430
3 575	3 017	3 246	Misceláneo	4 117	3 965	4 631
4 157	3 995	3 988	Nitratos, Fosfatos y Potasa	3 061	2 570	2 227
2 395	1 752	1 752	Manufacturas ²	4 145	3 126	3 364
198	395	167	Minerales Misceláneos	5 610	6 576	8 355
1 493	1 793	1 895	Maquinaria y Equipo	2 857	3 166	2 542
694	382	436	Aceites y Grasas ³	2 626	3 074	2 694
1 166	737	932	Madera ⁴	2 057	2 102	2 022
80	93	96	Comestibles ⁵	2 826	2 783	3 553
399	432	436	Otros Productos Agrícolas	1 304	1 503	1 125
613	652	1 136	Carga Peligrosa Variada	154	61	109
1 476	2 277	1 502	No Clasificados	153	193	279
133 837	135 104	128 213	Total	81 646	82 948	88 519

1: No incluye coque de petróleo.

2: Manufacturas de Hierro y Acero.

3: Animales y vegetales.

4: Incluye la madera y los productos de madera.

5: Enlatados y refrigerados.

Fuente: Autoridad del Canal de Panamá ACP (2014)

5.2 Nodos e infraestructuras logísticas de la República de Panamá

Para Doerr (2011) en América Latina y el Caribe solo tres países declaran contar con una política portuaria actualizada: Panamá, Brasil y México; y tres países tienen planes maestros de desarrollo: Brasil, México y Perú; por lo que la existencia de políticas portuarias modernas y sostenibles en la región resulta insatisfactoria, enfocadas al desarrollo de planes de infraestructuras y nuevas terminales, sin que existan políticas que impulsen el desarrollo de comunidades portuarias, ni la coordinación logística en los puertos, ni la integración del puerto en la cadena de distribución, ni políticas con enfoque de sostenibilidad; a pesar de esto, se reconoce en la región la importancia del sector portuario en el desarrollo de los países, porque lo que sí existe el contexto favorable para la elaboración de políticas portuarias y de transporte.

De acuerdo a la CEPAL (2013) los puertos de América Latina y el Caribe en su conjunto presentaron para el 2012 un crecimiento de tan solo el 4 % respecto al 2011, siendo el menor crecimiento anual desde 2010; ya que en el 2011 la región marcó un aumento del 13 % con relación al 2010, y en el 2010 un aumento del 16 % con relación al 2009.

Para el 2015, el movimiento de carga contenerizada de esta región, de acuerdo a cifras del CEPAL (2015) creció un 1,7 %, superando así las cifras registradas en el 2014 (0,8 %) y del 2013 (0,7 %). Es así que, según la CEPAL (2015), a nivel de América Latina y el Caribe las tendencias observadas en esta región con relación al

5.2 Nodos e infraestructuras logísticas de la República de Panamá

movimiento de carga contenerizada son:

- en las terminales de contenedores una deceleración del comercio exterior, y
- heterogeneidad de las tasas de crecimiento.

En el 2015 la República de Panamá ocupó el puesto 22 del ranking de países por movimiento portuario de contenedores a nivel mundial, tal como muestra la tabla 5.3.

Tabla 5.3: Ranking de países por movimiento portuario de contenedores a nivel mundial

País/Territorio	2010	2014	Ranking 2014 (2010)
China	130 290 443	181 635 245	1 (1)
Estados Unidos de América	42 337 513	46 488 523	2 (2)
Singapur	29 178 500	34 832 376	3 (3)
...			
España	12 613 016	14 710 955	11 (11)
...			
Panamá	6 003 297	7 942 291	22 (22)
...			
Total	540 816 751	684 429 339	

Fuente: UNCTAD (2016)

A partir de 1998, la Autoridad Marítima de Panamá es la encargada de “*administrar, promover, regular, proyectar y ejecutar las políticas, estrategias, normas legales y reglamentarias, planes y programas que están relacionados, de manera directa,*

5.2 Nodos e infraestructuras logísticas de la República de Panamá

indirecta o conexa, con el funcionamiento y desarrollo del Sector Marítimo”

(Organo Ejecutivo Nacional, 1998).

Entre sus funciones están: proponer, coordinar y ejecutar la estrategia marítima de Panamá; administrar los recursos marinos y costeros; representar a Panamá ante los organismos internacionales en lo que se refiere a materia marítima; entre otras (Organo Ejecutivo Nacional, 1998). Entre sus atribuciones está la de promover la constitución y desarrollo de empresas privadas o mixtas (con participación estatal) del sector marítimo, pudiendo participar en el capital social de las mismas, mediante la adquisición de acciones (Organo Ejecutivo Nacional, 1998).

A nivel operativo la Autoridad Marítima de Panamá se divide en cuatro direcciones: Dirección General de Marina Mercante, que se encarga de ejecutar de manera privativa todos los actos de registro y matriculación de buques en la marina mercante de Panamá; Dirección General de la Gente de Mar, encargada de normar la educación, formación, titulación y guardia de la gente de mar; Dirección General de Registro Público de Títulos y Gravámenes de Naves; y la Dirección General de Puertos e Industrias Marítimas Auxiliares, encargada de proponer y coordinar los planes de desarrollo del sistema portuario nacional, explotar y operar los puertos nacionales que no estén dados en concesión a empresas privadas y fiscalizar aquellos puertos e instalaciones dados en concesión por esta dirección (Organo Ejecutivo Nacional, 1998).

5.2 Nodos e infraestructuras logísticas de la República de Panamá

Entre el 2011 y el 2012 se destaca por parte de la Autoridad Marítima de Panamá (2013) en materia estrictamente de Puertos, la verificación anual de cumplimiento de las 17 instalaciones portuarias certificadas, que incluyen los puertos principales del país de la norma de protección Código PBIP, cuyo objetivos son establecer un marco internacional para la cooperación entre los Gobiernos Contratantes, los organismos gubernamentales, las administraciones locales y los sectores naviero y portuario con el fin de detectar y evaluar las amenazas para la protección marítima y tomar medidas preventivas contra los sucesos que afecten a la protección de los buques e instalaciones portuarias utilizados para el comercio internacional; definir las funciones y responsabilidades respectivas de todas las partes mencionadas, tanto a nivel nacional como internacional, para garantizar la protección marítima; garantizar un intercambio y un cotejo rápido y eficaz de la información relativa a la protección marítima; ofrecer un método para efectuar evaluaciones de la protección marítima de modo que pueda disponerse de planes y procedimientos para reaccionar ante los cambios en los niveles de protección, y tener la confianza de que existen medidas adecuadas y proporcionadas para garantizar la protección marítima”(International Maritime Organization IMO, 2003).

El sistema Portuario panameño divide sus puertos en dos grupos: **los puertos privados** que mediante un proceso de concesión fue otorgada su operación al sector privado e incluyen a todos los puertos que manejan carga contenerizada,

5.2 Nodos e infraestructuras logísticas de la República de Panamá

y **los puertos estatales** operados por el Estado y administrados por la Autoridad Marítima de Panamá y que brindan servicios de atraque y fondeo, además de cabotaje.

Tal como se señaló en el punto 2.2 los puertos que manejan carga contenerizada están ubicados a la entrada/salida tanto Pacífica como Atlántica del Canal de Panamá, en las Provincias de Panamá y Colón. En la Provincia de Panamá, zona del pacífico, operan los Puertos de Balboa y PSA Panama International Terminal. En la Provincia de Colón, zona atlántica, operan los puertos Manzanillo International Terminal (MIT), Cristóbal-Panamá Ports Company (PPC), Colon Container Terminal (CCT) y Colon Port Terminal (CPT) que sirven principalmente a la Costa Este de América del Norte y Sur, así como al Caribe (Centro de Innovación e Investigaciones Logísticas Georgia Tech Panamá, 2014). La Tabla 5.4 muestra las características principales de los puertos de contenedores.

En el ranking del movimiento portuario contenedorizado de América Latina y el Caribe del 2015 (CEPAL, 2015) Colón (MIT, Evergreen, Panamá Port) ocupó la posición número dos de los 100 puertos más importantes de la región, con un total de 3 577 427 (2015) TEU manejados; otros datos de TEU manejados, según la CEPAL, para el Puerto de Colón son: 3 286 736 (2014) y 3 356 060 (2013). La figura 5.6 muestra la variación de movimiento de TEU, de acuerdo al Centro de Innovación e Investigaciones Logísticas Georgia Tech Panamá (2014), para el

5.2 Nodos e infraestructuras logísticas de la República de Panamá

Puerto de Colón entre el 2008 y el 2012.

En el ranking del movimiento portuario contenedorizado de América Latina y el Caribe del 2015 (CEPAL, 2015) el Puerto de Balboa ocupa la tercera posición, con un total de 3 294 113 TEU manejados; otros datos de TEU manejados, según la CEPAL, para el Puerto de Balboa son: 3 468 283 (2014) y 3 187 387 (2013). La figura 5.7 muestra la variación de movimiento de TEU, de acuerdo al Centro de Innovación e Investigaciones Logísticas Georgia Tech Panamá (2014), para el puerto de Balboa entre el 2008 y 2012.

Figura 5.6: Movimiento Total de TEU de los Puertos de la Provincia de Colón

Fuente: Centro de Innovación e Investigaciones Logísticas Georgia Tech Panamá (2014)

5.2 Nodos e infraestructuras logísticas de la República de Panamá

Figura 5.7: Movimiento Total de TEU de los Puertos de la Provincia de Panamá

Fuente: Centro de Innovación e Investigaciones Logísticas Georgia Tech Panamá (2014)

La figura 5.8 muestra la evolución del movimiento total de TEU en la República de Panamá de acuerdo a cifras de la Autoridad Marítima de Panamá.

5.2 Nodos e infraestructuras logísticas de la República de Panamá

Figura 5.8: Movimiento Total de TEU en la República de Panamá

Fuente: Autoridad Marítima de Panamá (2013)

5.2 Nodos e infraestructuras logísticas de la República de Panamá

Las características físicas y funcionales de los puertos de contenedores están descritas en la Tabla 5.4.

Tabla 5.4: Característica de Puertos de Contenedores en Panamá

Servicios	Atlántico			Pacífico	
	MIT	CCT	Cristóbal	Balboa	PSA
Contenedores	✓	✓	✓	✓	✓
Carga General			✓	✓	✓
Ro-Ro	✓		✓	✓	
Granel (seca)			✓	✓	
Granel (líquido)			✓	✓	
Proyectos Especiales	✓		✓	✓	✓
Especificaciones					
Área Total (hectáreas)	52,0	74,3	143,0	182,0	22,5
Capacidad de Almacenaje (TEU)	48 000	45 000	19 870	54 000	6 465
Muelles para contenedores	5	3	3	5	1
Muelles Ro-Ro	1	-	-	-	-
Muelles Multipropósitos	1	-	3	2	-
Largo Total de Muelles (m)	1 940	982	2 698	2 270	330
Calado (m)	14	14-15	13,5-15,8	12,6-17	14,5
Grúas Porticos - Super Post Panamax	3	-	-	4	-
Grúas Porticos - Post Panamax	9	5	4	10	3
Grúas Porticos - Panamax	2	5	3	8	-
Grúas de muelle	-	-	1	-	-
Grúas Porticos de Patio	24	30	28	51	6
Elevadores de carga y contenedores	20	5	10	3	-
Empty container handler	22	12	13	19	-
Top loader	-	-	4	-	-
Montacargas/forklift	33	12	25	21	10
Tractores	86	83	-	-	-
Remolques	94	108	-	-	-
Casa de Fletes (m2)	-	-	6 110	-	-
Área de reparación de contenedores (m2)	15 000	-	-	-	-

Fuentes: Varias.

5.2 Nodos e infraestructuras logísticas de la República de Panamá

De acuerdo a Laxe (2011) *“la conectividad del transporte define tanto el acceso a los servicios de transporte, frecuentes y regulares, como un nivel de competencia en la oferta de servicios”* entendiéndose la conectividad como una medida de la accesibilidad de un nodo con relación a la red de nodos de la que forma parte en una estructura espacial. La Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo UNCTAD calcula anualmente el índice de conectividad del transporte marítimo de línea regular en base a cinco componentes: número de buques, TEU movidos, tamaño de los buques que utilizan los puertos, número de servicios prestados y el número de empresas que utilizan los puertos; en base a los valores máximos registrados en 2004. El posicionamiento de los puertos en Panamá y su integración atlántica y pacífica ha contribuido a mejorar su índice de conectividad (Laxe, 2011), que de acuerdo a cifras de UNCTAD, entre el 2004 y el 2016 mejoró, sin embargo a pesar de esta mejora en el 2004 la República de Panamá se encontraba en la posición No. 22 del ranking del índice y para el 2016 había descendido hasta la posición 25 (ver tabla 5.5),

5.2 Nodos e infraestructuras logísticas de la República de Panamá

Tabla 5.5: Ranking de países por su Índice de Conectividad del Transporte Marítimo de Línea

País/Territorio	Puntos de Índice		Posición 2004	Posición 2016
	2004	2016		
China	100,00	167,48	1	1
Singapur	81,87	122,70	4	2
...				
Estados Unidos de América	83,30	98,70	3	6
...				
España	54,44	86,13	15	11
...				
Panamá	32,05	53,42	22	25

Fuente: UNCTAD (2016)

El futuro del transporte marítimo mundial y su panorama operacional es susceptible a cambios inducidos por el efecto negativo de la crisis del 2008 y del 2009 sobre la demanda global, las finanzas y el comercio; los cambios estructurales en los patrones de producción global; los cambios demográficos dados por una parte por el envejecimiento de la población de las economías avanzadas en contraposición al rápido crecimiento poblacional registrado en las regiones en desarrollo y sus implicaciones en la producción mundial y los cambios en los patrones de consumo; los avances tecnológicos relacionados al transporte; el coste de la energía; además de temas ambientales tales como el cambio climático, los desastres naturales y el desarrollo sostenible (UNCTAD, 2013).

5.2 Nodos e infraestructuras logísticas de la República de Panamá

En el 2013 la República de Panamá ocupó el primer lugar de países con pabellón de matricula con el 21,5 % de la flota mundial, seguido por Liberia con el 12,2 % y las Islas Marshall con el 8,6 % (UNCTAD, 2013); sin embargo la mayoría de los principales pabellones de matrícula no tienen propiedad nacional de buques sino que prestan su pabellón a buques de propiedad de nacionales de otros países (UNCTAD, 2011).

5.2.2 Aeropuertos de la República de Panamá

Tal como se señaló en el punto 2.2 la República de Panamá cuenta con varios aeropuertos denominados “internacionales”, pero en la práctica, solo uno de estos aeropuertos recibe de manera constante vuelos internacionales. El Aeropuerto Internacional de Tocumen está situado en la zona este de la Provincia de Panamá, a una distancia de 24 kilómetros del Centro de la Ciudad de Panamá. En el 2012 movió un total de 3.3 millones de pasajeros en transito directo y la terminal de carga manejó 116,000 toneladas de carga (en su mayoría de transbordo) (Centro de Innovación e Investigaciones Logísticas Georgia Tech Panamá, 2014). Consta con un total de 5700 metros de pista aérea, tanto de concreto como de asfalto. Posee terminales de pasajeros y de carga, y un total de 22 puertas de salida.

El movimiento de pasajeros ha crecido de manera constante, con un crecimiento del 19.1 % durante los últimos años (ver Figura 5.9). El movimiento de carga había presentado hasta el 2012 un crecimiento de 4.9 %, sin embargo para el 2013 el movimiento de carga decreció un 5.17 % (ver Figura 5.10).

Los vuelos domésticos desde y hacia la Ciudad de Panamá se realizan en el Aeropuerto Marcós A. Gelabert, situado en el centro de la ciudad. En el 2012 este aeropuerto movió un total de 230,306 pasajeros.

La Figura 5.11 muestra el mapa de la distribución de las pistas aéreas en la

5.2 Nodos e infraestructuras logísticas de la República de Panamá

República de Panamá, presentando una concentración de pistas menores a 800 metros en la Comarca Kuna Yala y el Darién, y el resto de pistas aéreas están situadas a puntos de actividad turística.

Figura 5.9: Estadísticas de Movimiento de Pasajeros en el Aeropuerto Internacional de Tocumen
Fuente: Centro de Innovación e Investigaciones Logísticas Georgia Tech Panamá (2014)

Figura 5.10: Estadísticas de Movimiento de Carga en el Aeropuerto Internacional de Tocumen
Fuente: Centro de Innovación e Investigaciones Logísticas Georgia Tech Panamá (2014)

Figura 5.11: Mapa de la distribución de las pistas aéreas

Fuente: Elaboración propia.

5.2.3 Red de carreteras de la República de Panamá

Tal como se señaló en el punto 2.2, la red de carreteras de la República de Panamá puede ser dividida en red primaria y red secundaria. La red primaria de carreteras está compuesta por la Carretera Panamericana, que une el Continente Americano desde Alaska (Estados Unidos de América) hasta Buenos Aires (Argentina), sin embargo en la República de Panamá se ve interrumpida en el Tapón del Darién. Forman además parte de la Red Primaria, la carretera Boyd Roosevelt que une las ciudades Panamá y Colón, y la carretera que cruza las provincias de Herrera y Los Santos. La red primaria tiene como característica principal que en casi todos sus tramos tiene al menos cuatro carriles, y es de alto interés de mantenimiento para el gobierno de la República de Panamá.

La Red secundaria de la República de Panamá incluye el resto de las carreteras del país, y se compone por carreteras y caminos cuya característica principal es que son asfaltados, de dos carriles (uno por sentido) y el nivel de mantenimiento varía y responde a criterios políticos del gobierno de turno.

La Figura 5.12 muestra el mapa de la red de carreteras tanto primaria como secundaria de la República de Panamá, destacando la vertebración del territorio hacia el pacífico o zona sur del país, y la casi nula vertebración del territorio hacia el atlántico o la zona norte del país.

Figura 5.12: Mapa de la distribución de las carreteras: red primaria y secundaria
Fuente: Elaboración propia.

Resultados

6.1 Introducción

A partir de la aplicación de la metodología propuesta en el capítulo 4 (páginas 54 a 76) se realizó la investigación objeto de la presente tesis doctoral, para lo cual se construyeron dos modelos de inteligencia artificial a partir de una serie de datos común, con un total de 253 variables: poblacionales, económicas, ambientales y de nodos e infraestructuras logísticas (ver anexo A), correspondientes al caso de estudio descrito en el capítulo 5: la República de Panamá. Los resultados de la investigación se exponen a continuación en este capítulo.

6.2 Resultados de la Fase 1: determinación del escenario de trabajo

A continuación se detallan los resultados de la determinación del escenario de trabajo que incluye la revisión del estado del arte, la determinación y obtención de las variables de estudio y la determinación de los niveles de planificación.

6.2.1 Resultados de la revisión del estado del arte

Los resultados de la revisión del estado del arte se plasman en el capítulo 3, donde se aborda el estado del conocimiento sobre la planificación territorial, la minería de datos, los árboles de decisión y las redes bayesianas y su aplicación a la planificación territorial.

6.2.2 Resultados de la determinación y obtención de las variables de estudio

Se determinaron las variables de estudio, además de los nodos e infraestructuras logísticas que forman parte del estudio y para los cuales se obtuvieron el valor de todas las variables. El resultado de la determinación y obtención de las variables se muestra en el Anexo A.

Las variables de estudio se dividieron en cuatro grupos:

- Variables Poblacionales (Anexo A.1)

6.2 Resultados de la Fase 1: determinación del escenario de trabajo

- Variables Ambientales (Anexo A.2)
- Variables de Nodos e infraestructuras logísticas (Anexo A.3)
- Variables económicas (Anexo A.4)

Las variables están tabuladas en tablas, con los siguientes encabezados:

- **No:** número único de identificación de las variables
- **Nombre:** nombre de las variables
- **Descripción:** descripción de las variables
- **Unidad:** unidad de medida de las variables
- **Año:** en los casos que corresponda, se detalla el año al que pertenecen los valores de las variables. Nivel nivel de planificación al que corresponde el valor de la variable.

6.2.3 Resultados de la determinación de los niveles de planificación

Se determinó los niveles de planificación a los cuales se relacionaron los valores de las variables de estudio. La Figura 6.1 muestra estos niveles de planificación:

- **Nivel 4:** Corresponde a todo la República de Panamá.
- **Nivel 3:** Corresponde a la máxima extensión territorial ó máxima división politico-administrativa dentro de la República de Panamá. Las Provincias de

6.2 Resultados de la Fase 1: determinación del escenario de trabajo

Figura 6.1: Niveles de Planificación

Fuente: Elaboración propia.

6.3 Resultados de la Fase 2 (Parte A): desarrollo del modelo de inteligencia artificial - construcción de los árboles de decisión

Bocas del Toro, Coclé, Colón, Chiriquí, Herrera, Darien, Los Santos, Panamá, Panamá Oeste, Veraguas y las Comarcas Indígenas.

- **Nivel 2:** Corresponde a los Distritos de la República de Panamá, como la unidad político-administrativa intermedia.
- **Nivel 1:** Corresponde a los corregimientos de las Provincias de Panamá, Panamá Oeste y Colón, y los Distritos del resto del país.

De cada una de estas unidades territoriales, se obtuvo información de las variables poblacionales, económicas, ambientales y de nodos e infraestructuras logísticas que previamente fueron seleccionadas.

6.3 Resultados de la Fase 2 (Parte A): desarrollo del modelo de inteligencia artificial - construcción de los árboles de decisión

A continuación se detallan los resultados de la construcción de los árboles de decisión tanto para la clasificación territorial en grupos logísticos, como para distintas variables objetivos.

6.3 Resultados de la Fase 2 (Parte A): desarrollo del modelo de inteligencia artificial - construcción de los árboles de decisión

6.3.1 Resultados de la construcción del árbol de decisión para la clasificación territorial en grupos logísticos

La Figura 6.2 muestra los nodos hijos principales y sus variables de predicción del árbol de decisión construido usando DTREG para la clasificación de cada una de las 180 unidades territoriales en grupos de unidades territoriales con características similares, de acuerdo a las variables de predicción.

Después de completar el proceso de construcción del árbol, las variables de predicción escogidas por el algoritmo árbol de decisión fueron:

- CANAL_INFLU: Unidades territoriales bajo la influencia del Canal de Panamá (binario si / no).
- PRNA: red primaria de carretera por área (kilometro por kilometro cuadrado).
- PIB: Producto Interior Bruto Total en millones de dólares de Estados Unidos (USD).

La República de Panamá puede ser dividida en cuatro grupos o áreas llamadas grupos logísticos, de acuerdo al potencial logístico de las unidades territoriales que conforman estos grupos.

La Figura 6.3 muestra el escenario actual con la distribución de los grupos logísticos. La variable de predicción principal es la influencia del Canal de Panamá.

6.3 Resultados de la Fase 2 (Parte A): desarrollo del modelo de inteligencia artificial - construcción de los árboles de decisión

Figura 6.2: Árbol de decisión para la clasificación logística territorial – escenario actual
Fuente: Elaboración propia.

El grupo A está compuesto por la franja territorial adyacente al Canal de Panamá y que abarca partes de las provincias de Panamá y Colón. Este grupo logístico tiene los puertos de contenedores que operan en la República de Panamá, las áreas económicas especiales, el Ferrocarril de Panamá que une el océano Atlántico con el océano Pacífico y el Aeropuerto Internacional de Tocumen. La provincia de Panamá tiene el índice más alto de longitud de red primaria de carretera por área territorial. Las provincias de Panamá y Colón generan más del 80 % del Producto Interior Bruto (PIB), y tienen el 57 % de la población total. Las actividades de transporte, almacenamiento, comunicación, comercios mayoristas y minoristas y actividades inmobiliarias hacen la mayor contribución al PIB provincial, y por lo

6.3 Resultados de la Fase 2 (Parte A): desarrollo del modelo de inteligencia artificial - construcción de los árboles de decisión

tanto al grupo logístico A.

Para los grupos logísticos B, C y D la segunda variable de predicción es la longitud de red primaria de carretera por área territorial. El grupo B consiste del área llamada Panamá Oeste y las provincias de Chiriquí y Coclé. Chiriquí y Coclé aportan el 10 % del PIB total del país, y tienen el 22 % de la población total. Las actividades de transporte, almacenamiento, comunicación agricultura y ganadería hacen la mayor contribución al PIB provincial, y por lo tanto al grupo logístico B, sin embargo ninguna de estas actividades alcanza por si misma el 20 % del PIB provincial.

Para el grupo C y D la tercera variable de predicción es el valor del producto interior bruto. El grupo C está compuesto por la provincia de Veraguas, que tiene una contribución del 2.5 % del PIB total del país, y tiene el 7 % de la población total del país. Las actividades de transporte, almacenamiento y las actividades gubernamentales hacen la mayor contribución al PIB provincial, sin embargo ninguna de estas actividades alcanza por si misma el 20 % del PIB provincial.

El grupo D está compuesto del resto del territorio del país: las provincias de Bocas del Toro, Darién, Herrera y Los Santos, y las Comarcas. La provincia de Darién se caracteriza por su gran cantidad de áreas protegidas. Las provincias de este grupo presentan los índices más altos de longitud de pista de aterrizaje por área territorial, destacando la provincia de Darién. La agricultura y ganadería hacen la

6.3 Resultados de la Fase 2 (Parte A): desarrollo del modelo de inteligencia artificial - construcción de los árboles de decisión

mayor contribución al PIB provincial de Herrera y Los Santos. Salvo la provincia de Herrera, el resto de las unidades territoriales incluidas en este grupo tienen el índice más bajo de longitud de red primaria de carretera por área territorial.

Figura 6.3: Mapa de grupos logísticos de la República de Panamá – escenario actual
Fuente: Elaboración propia.

6.3 Resultados de la Fase 2 (Parte A): desarrollo del modelo de inteligencia artificial - construcción de los árboles de decisión

6.3.2 Resultado de la construcción del árbol de decisión para la variable objetivo: distribución de la densidad del producto interior bruto con relación a los nodos e infraestructuras logísticas.

La Figura 6.4 muestra los nodos hijos y las variables de predicción del árbol de decisión construido para la variable objetivo PIB_DENSI: Densidad del Producto Interior Bruto Total en millones de dólares de Estados Unidos (USD) por kilómetro cuadrado.

Después de completar el proceso de construcción del árbol, las variables de predicción escogidas por el algoritmo árbol de decisión fueron:

- CANAL_INFLU: Unidades territoriales bajo la influencia del Canal de Panamá (binario si / no).
- AREA_PROT: Kilómetros cuadrados de áreas protegidas ubicadas dentro de unidades territoriales planificables (kilómetros cuadrados).
- PRNA: red primaria de carretera por área (kilometro por kilometro cuadrado).
- PISTAAEREO: Longitud de pista para aviación general por área (metros por kilometro cuadrado).

6.3 Resultados de la Fase 2 (Parte A): desarrollo del modelo de inteligencia artificial - construcción de los árboles de decisión

Figura 6.4: Árbol de decisión de la distribución de la densidad del producto interior bruto respecto a los nodos e infraestructuras logísticas

Fuente: Elaboración propia.

6.3 Resultados de la Fase 2 (Parte A): desarrollo del modelo de inteligencia artificial - construcción de los árboles de decisión

La Figura 6.5 muestra las unidades territoriales agrupadas en seis zonas, con características logísticas similares, de acuerdo a los resultados del árbol de decisión construido.

La zona 1 corresponde a la franja territorial adyacente al Canal de Panamá, en concreto las Ciudades de Panamá y Colón, que tiene como característica logística principal la influencia del Canal de Panamá, y como características logísticas derivadas de esta influencia los puertos de contenedores y el ferrocarril de Panamá. Otras características logísticas son el mayor índice de desarrollo de la red primaria de carreteras y en la Ciudad de Panamá la ubicación del aeropuerto internacional de Tocumen; además del establecimiento de las áreas especiales económicas. Esta zona tiene el 41 % de la población total del país, el 4,6 % del área total del territorio y de acuerdo a la densidad del PIB generan el 60 % de la actividad económica de todo el país. Las actividades de transporte, almacenamiento y comunicaciones, inmobiliarias, empresariales y de alquiler hacen la mayor contribución al producto interior bruto de esta zona.

Las características tanto logísticas como de densidad del PIB promedio de las zonas 2 a la zona 5 van disminuyendo a medida que va aumentando el número de la zonificación. Tienen como características principales, en general y en orden de importancia:

6.3 Resultados de la Fase 2 (Parte A): desarrollo del modelo de inteligencia artificial - construcción de los árboles de decisión

- Ninguna de las zonas se ve influenciadas por la presencia del Canal de Panamá,
- La cantidad total de área protegida es menor en las zonas con mejores características logísticas.
- El desarrollo de la red primaria es mayor en la zona 2 y va disminuyendo a medida que aumenta el valor número de la zona,
- El índice de longitud de pistas para aviación general por área aumenta cuando disminuye el desarrollo de la red primaria de carreteras.

La zona 6 comprende las áreas protegidas, las Comarcas y las zonas de baja actividad económica. Comprenden el 43,4 % del territorio y el 7,13 % de la población total de Panamá. Algunas unidades territoriales ubicadas en las Comarcas tienen los mayores índices de longitud de pistas de aviación general por área. La actividad económica en estas áreas es mínima y en algunos casos se puede considerar como nula.

Figura 6.5: Mapa de la distribución de la densidad del producto interior bruto respecto al desarrollo y distribución de los nodos e infraestructuras logísticas

Fuente: Elaboración propia.

6.3.3 Resultado de la construcción del árbol de decisión para la variable objetivo: distribución de la actividad económica “transporte, almacenamiento y comunicaciones”

La Figura 6.6 muestra los nodos principales y los nodos hijos y sus variables de predicción para la variable objetivo **GDP_T_D: densidad del producto interior bruto de la actividad económica “transporte, almacenamiento y comunicaciones” (millones de dólares americanos por kilómetro cuadrado)**.

Una vez completado el proceso de construcción del árbol de decisión las variables de predicción escogidas por el algoritmo son:

- **CANAL_INFLU: Influencia del Canal de Panamá sobre unidades territoriales identificadas en el país (Binario: Si o No).**
- **SRNA: red secundaria de carretera por área (kilómetro por kilómetro cuadrado).**
- **PRNA: red primaria de carretera por área (kilómetro por kilómetro cuadrado).**

El algoritmo árboles de decisión estimó valores representativos de GDP_T_D, de acuerdo a diferentes valores de las variables de predicción escogidas por el algoritmo para unidades territoriales específicas. Los diferentes valores de las variables se muestran en la Figura 6.6

6.3 Resultados de la Fase 2 (Parte A): desarrollo del modelo de inteligencia artificial - construcción de los árboles de decisión

La primera variable de predicción CANAL_INFLU divide el país en dos áreas. La primera área bajo la influencia del Canal de Panamá en las Provincias de Panamá y Colón, donde se concentra el mayor desarrollo de nodos logísticos en el país. Esta área tiene la mayor densidad de población del país y realizó la mayor contribución a la actividad económica del producto interior bruto "transporte, almacenamiento y comunicaciones".

La segunda variable de predicción SRNA divide el país en dos nuevas áreas. El nodo 4 en la Figura 6.6 agrupa las unidades territoriales que están en la Provincia de Panamá y Colón, pero que no se ven influenciadas por el Canal de Panamá.

El resto del país es dividido en áreas de acuerdo a la tercera variable de predicción PRNA. Las unidades territoriales con un mayor desarrollo de la red primaria de carretera realizan una mayor contribución a la actividad económica del producto interior bruto "transporte, almacenamiento y comunicaciones".

6.3 Resultados de la Fase 2 (Parte A): desarrollo del modelo de inteligencia artificial - construcción de los árboles de decisión

Figura 6.6: Árbol de Decisión - Densidad del Producto Interior Bruto de la actividad económica “Transporte, Almacenamiento y Comunicaciones”

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6.7: Mapa de la distribución de la Densidad del Producto Interior Bruto de la actividad económica “Transporte, Almacenamiento y Comunicaciones” – escenario actual

Fuente: Elaboración propia.

6.3 Resultados de la Fase 2 (Parte A): desarrollo del modelo de inteligencia artificial - construcción de los árboles de decisión

6.3.4 Resultado de la construcción del árbol de decisión para la variable objetivo: red de carretera primaria y secundaria

La Figura 6.8 muestra los nodos principales y los nodos hijos y sus variables de predicción para la variable objetivo **PRNA: red primaria de carretera por área (kilometro por kilometro cuadrado)**.

Una vez completado el proceso de construcción del árbol de decisión las variables de predicción escogidas por el algoritmo son:

- **GDP: Producto Interior Bruto (millones de dólares americanos).**
- **RLGAA: Longitud de pista para aviación general por área (metro por kilometro cuadrado).**

Una vez completado el proceso de construcción del árbol de decisión las variables de predicción escogidas por el algoritmo son: GDP: Gross domestic product (million USD). RLGA: Runway long for general aviation per area (meter per square kilometer).

El algoritmo árboles de decisión estimó valores representativos para el **PRNA**, de acuerdo a tres rangos de **GDP** correspondientes a unidades territoriales específicas.

El primer rango **GDP > 9 517,3** corresponde a las unidades territoriales que conforman la Ciudad de Panamá, adyacente al Canal de Panamá, con zonas económicas especiales, puertos de contenedores, el ferrocarril trasatlántico y el

6.3 Resultados de la Fase 2 (Parte A): desarrollo del modelo de inteligencia artificial - construcción de los árboles de decisión

aeropuerto internacional de Tocumen. La provincia de Panamá tiene el 35 % del total de la población. La actividad económica transporte, almacenamiento y comunicaciones; comercio al por mayor y al por menor; y actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler hacen la mayor contribución al Producto Interior Bruto provincial.

El segundo rango $410,4 < \text{GDP} \leq 9\,517,3$ corresponde a las unidades territoriales que incluyen las provincias de Coclé, Colón, Chiriquí, Herrera y Veraguas. La provincia de Colón es adyacente al Canal de Panamá, con áreas económicas especiales, puertos de contenedores y el ferrocarril trasatlántico; pero tiene un índice PRNA inferior al de la Ciudad de Panamá.

Las provincias de Chiriquí y Coclé aportan el 10 % del Producto Interior Bruto total del país y tienen el 22 % de la población total. La actividad económica de transporte, almacenamiento y comunicaciones y agricultura, ganadería y silvicultura aportan la mayor contribución al Producto Interior Bruto Provincial, sin embargo ninguna de estas actividades alcanza por si misma el 20 % del Producto Interior Bruto provincial.

La provincia de Veraguas aporta el 2,5 % del Producto Interior Bruto del país y tiene el 7 % del total de la población del país. La actividad económica agricultura, ganadería y silvicultura hace la mayor contribución del Producto Interior Bruto de

6.3 Resultados de la Fase 2 (Parte A): desarrollo del modelo de inteligencia artificial - construcción de los árboles de decisión

la provincia de Herrera.

El tercer rango $GDP \leq 410,4$ considera otras áreas del país: las provincias de Bocas del Toro, Darién, Los Santos y las Comarcas Indígenas. La provincia de Darién resalta sobre el resto del país por su extensión de áreas protegidas, que incluye el Tapón del Darien. La provincias de este grupo presentan el mayor índice **RLGAA**. La actividad económica agricultura, ganadería y silvicultura aportan la mayor contribución al Producto Interior Bruto de la provincia de Los Santos. Este rango es subdividido en dos grupos de acuerdo a su índice **RLGAA**. La provincia de Darién destaca por tener el más alto índice **RLGAA**.

Figura 6.8: Árbol de Decisión - Red Primaria de Carretera

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 6.9 muestra los nodos principales y los nodos hijos y sus variables de

6.3 Resultados de la Fase 2 (Parte A): desarrollo del modelo de inteligencia artificial - construcción de los árboles de decisión

predicción para la variable objetivo:

- **SRNA:** red secundaria de carretera por área (kilometro por kilometro cuadrado).

Una vez completado el proceso de construcción del árbol de decisión las variables de predicción escogidas por el algoritmo son:

- **GDP:** Producto Interior Bruto (millones de dólares americanos).
- **PRNA:** red primaria de carretera por área (kilometro por kilometro cuadrado).

El algoritmo árboles de decisión estimó valores representativos de SRNA, de acuerdo a dos rangos de GDP correspondiente a unidades territoriales. La segunda variable de predicción es el índice PRNA. Los diferentes valores de las variables se muestran en la Figura 6.9

Figura 6.9: Árbol de Decisión - Red Secundaria de Carretera

Fuente: Elaboración propia.

6.3.5 Resultado de la Construcción del Árbol de Decisión para la variable objetivo: Densidad de la población con relación a los nodos e infraestructuras logísticas.

La Figura 6.10 muestra los nodos principales y los nodos hijos y sus variables de predicción para la variable objetivo **DENSITY: densidad de población (población por kilometro cuadrado)** para explicar la distribución de la densidad de población de acuerdo a la distribución y desarrollo de los nodos e infraestructuras logísticas en las diferentes unidades territoriales que conforman el país.

Una vez completado el proceso de construcción del árbol de decisión las variables de predicción escogidas por el algoritmo son:

- **CANAL_INFLU**: Influencia del Canal de Panamá sobre unidades territoriales identificadas en el país (Binario: Si o No).
- **SRNA**: red secundaria de carretera por área (kilometro por kilometro cuadrado).
- **PRNA**: red primaria de carretera por área (kilometro por kilometro cuadrado).

El algoritmo árboles de decisión estimó valores representativos de **DENSITY**, de acuerdo a diferentes valores de las variables de predicción escogidas por el algoritmo para unidades territoriales específicas. Los diferentes valores de las variables se muestran en la Figura 6.10

6.3 Resultados de la Fase 2 (Parte A): desarrollo del modelo de inteligencia artificial - construcción de los árboles de decisión

La principal variable de predicción es la Influencia del Canal de Panamá, que divide el país en dos áreas. Las unidades territoriales que conforman el nodo 3 de la Figura 6.10 corresponde a las unidades territoriales adyacentes al Canal de Panamá, las Ciudades de Panamá y Colón.

El resto del país donde los nodos e infraestructuras logísticas están menos desarrollados que en el área influenciada por el Canal de Panamá se divide en áreas de acuerdo al desarrollo de la red primaria y la red secundaria de carreteras.

Figura 6.10: Árbol de decisión de la distribución de la densidad de población respecto a los nodos e infraestructuras logísticas

Fuente: Elaboración propia.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

De acuerdo a González and Eduardo (2013) las redes Bayesianas son modelos gráficos probabilísticos utilizados en la toma de decisiones, que representa una función de distribución conjunta sobre un conjunto finito de variables. Para estos autores, la parte cualitativa de la red es el grafo que describe las variables y las dependencias entre las variables; y la parte cuantitativa de la red, corresponde a las probabilidades condicionadas que representan la incertidumbre del problema.

En este sentido, González and Eduardo (2013) nos señalan que las redes Bayesianas se utilizan en problemas donde no se tiene un completo conocimiento del estado del sistema, sin embargo, se pueden obtener evidencias que permiten actualizar las probabilidades del resto del sistema. Por una parte, se tiene la evidencia firme, cuando se tiene certeza del estado de una variable y por tanto se le asigna un valor concreto a la misma; se tiene también la evidencia parcial, que permite actualizar las probabilidades a priori de los estados que puede presentar la variable.

6.4.1 Resultados de la discretización de variables

La construcción de un modelo con redes Bayesianas permiten el uso de variables continuas, sin embargo, esto presenta problemas al especificar las tablas

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

de probabilidades condicionales (Roche, 2002). En esta investigación, para la discretización de las variables se han seleccionado diferentes estratos a través de percentiles homogéneos: p_{25} , p_{50} y p_{75} , divididos en un número finito de intervalos exhaustivos y exclusivos.

6.4.2 Resultados de la construcción del modelo

Para construir una red bayesiana se deben definir primero las variables para poder obtener la estructura de la red y finalmente la distribución de probabilidad. En este sentido, (González and Eduardo, 2013) señalan que los enfoques para obtener la estructura de la red se plantean de acuerdo a si se conoce previamente la estructura de la red, o si se infiere de los datos de entrenamiento, o si todas las variables de la red son observables o no.

De acuerdo a (Roche, 2002), el número de modelos o redes bayesianas diferentes que son posibles, se eleva de manera considerable en función del número de variables consideradas, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$2^{\frac{n*(n-1)}{2}} \quad (6.1)$$

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

6.4.2.1 Algoritmo K2

El mejor modelo es aquél que es el más probable (Roche, 2002). En este sentido, La teoría bayesiana nos proporciona herramientas para calcular la probabilidad de un modelo, como hemos visto en los apartados anteriores, y posteriormente comparar las probabilidades de varios modelos, detectando cual es el más probable (González and Eduardo, 2013).

Si bien es tan grande la cantidad de modelos existentes que un recorrido exhaustivo por todos los modelos buscando aquél más probable llega a ser una utopía, por ello se precisa una búsqueda heurística para encontrar datos válidos en un tiempo razonable (González and Eduardo, 2013).

Para Roche (2002), un método sencillo de búsqueda sería escoger un modelo aleatoriamente, obtener su ML (maximum likelihood). Luego, se escoge otro modelo de forma aleatoria, se comparan sus ML y nos quedamos con aquél que tenga mejor valor, y así, hasta que bajo un criterio finalice la búsqueda, ya bien sea porque el tiempo de búsqueda finalizó, o porque se llega a un valor umbral mínimo de probabilidad.

Un método más sofisticado es el que se describe a continuación, denominado algoritmo K2. De acuerdo a Roche (2002), las distribuciones locales dados los padres serán Dirichlet (1,1..1). Para Silva (2015), los pasos del algoritmo K2 son

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

los siguientes:

- a) Se inicia con un grafo inicial sin arcos.
- b) Se elige un arco para añadir al grafo.
- b,1) Se calcula la probabilidad de la nueva red con un arco nuevo en cada caso.
- b,2) Se escoge el arco que da probabilidad mayor.
- c) Si el arco nuevo aumenta la probabilidad de la nueva red , se añade y se va al paso b, en caso contrario finaliza y por tanto se tiene la red.

Para Millan (2005), una vez se tienen definidas las variables, se define la estructura del modelo, conectando variables con arcos (enlaces). Como los arcos son dirigidos, si se cambia la dirección de un arco, esto cambia a su vez su significado. De no existir arcos entre dos variables, esto indica que no existen relaciones de dependencia directa entre esas variables. Sin embargo, en la construcción de una red bayesiana no es obligatorio que los arcos se construyan en la dirección causal, aunque se prefiere los arcos con direcciones causales, ya que esto disminuye el número de arcos en el grafo.

En este sentido, Millan (2005) nos señala que si se desarrolla el modelo de acuerdo a las relaciones de causalidad esto simplifica el trabajo de deducción de la estructura y de sus parámetros. Dado que el modelo parte de un alto número de variables, ha sido

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

necesario ir simplificando la red aplicando diferentes pasos, comprobando si las relaciones entre las variables reflejan las dependencias e independencias existentes.

Para definir una red, según Millan (2005), se requiere tener las probabilidades condicionadas de cada nodo dados sus padres. Sin embargo, el número de probabilidades necesarias para cada nodo es exponencial en el número de padres.

Cuando un nodo tiene muchos padres una forma para reducir la complejidad del modelo es con nodos intermedios que agrupen a su vez a varios padres, lo que se expresa no solo en una reducción de los parámetros necesarios, sino que también en el tiempo necesario de ejecución de los algoritmos de propagación probabilística.

De acuerdo a Cesari (2006), “el conocimiento que representa la red está compuesto por los siguientes elementos:

1. Un conjunto de nodos $\{X_i\}$ que representan cada una de las variables del modelo. Cada una de ellas tiene un conjunto exhaustivo de estados $\{x_i\}$ mutuamente excluyentes.
2. Un conjunto de enlaces o arcos (X_i, X_j) entre aquellos nodos que tienen una relación causal. De esta manera todas las relaciones están explícitamente representadas en el grafo.
3. Una tabla de probabilidad condicional asociada a cada nodo X_i indicando la probabilidad de sus estados para cada combinación de los estados de sus

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

padres. Si un nodo no tiene padres se indican sus probabilidades a priori”.

En este mismo sentido, Cesari (2006) señala que “la estructura de una red bayesiana se puede determinar de la siguiente manera:

1. Se asigna un vértice o nodo a cada variable (X_i) y se indica de qué otros vértices es una causa directa; a ese conjunto de vértices “*causa del nodo X_i* ” se lo denota como el conjunto π_{X_i} y se lo llamará “*padres de X_i* ”.
2. Se une cada padre con sus hijos con flechas que parten de los padres y llegan a los hijos.
3. A cada variable X_i se le asigna una matriz $P(X_i|\pi_{X_i})$ que estima la probabilidad condicional de un evento $X_i = x_i$ dada una combinación de valores de los π_{X_i} ”.

Por lo que se puede apreciar a continuación en la sección 6.4.3 **Resultados de la construcción del modelo : primera red bayesiana** y la sección 6.4.4 **Resultados de la construcción del modelo : segunda red bayesiana** los resultados de las simplificaciones que se fueron realizando en el proceso para obtener la tercera red descrita en la sección 6.4.5

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

6.4.3 Resultados de la construcción del modelo: primera red bayesiana.

6.4.3.1 Primer análisis de las relaciones de las variables en la primera red bayesiana

A continuación se puede apreciar las simplificaciones que se fueron realizando en el proceso de construcción de la red bayesiana, y en particular en la etapa inicial, denominada **primera red bayesiana**. La primera estructura identificada de la primera red bayesiana, dejó “descolgados” los parámetros que se aprecian en la Figura 6.11 y que corresponde a la **primera zona** de la primera red bayesiana.

Figura 6.11: Primera zona estudiada de la primera red bayesiana - variables descolgadas
Fuente: Resultados de la investigación.

Las variables que aparecen en la Tabla 6.1 son condicionalmente independientes y no se encuentran relacionadas con el resto de variables.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

Tabla 6.1: Primer análisis de las relaciones de variables de la primera red bayesiana - variables descolgadas

No	Nombre	Descripción	Unidad
31	02_area_comarcas_nivel1	Áreas comarcales	kilometro cuadrado
32	02_area_comarcas_nivel2	Áreas comarcales	kilometro cuadrado
33	02_area_comarcas_nivel3	Áreas comarcales	kilometro cuadrado
47	03_carreteras_red_secundaria_por_provincia	Longitud de red secundaria de carretera	kilómetros
92	05.1_principalports_general_cargo	Total de puertos principales de carga general	cada uno
124	05.1_principalports_outbound_lanes	Outbound lanes	cada uno
129	06_ferrocarril_longitud_via	Longitud total del ferrocarril	kilómetros
134	09_canalpanama_terminal	Esclusas del canal de Panamá	cada uno
139	09.1_canalpanamapeajes_traficocanal_1_2010	Bulk carriers	miles de toneladas netas CP/SUAB
141	09.1_canalpanamatransitos_traficocanal_2_2010	Container cargo	miles de toneladas netas CP/SUAB
144	09.1_canalpanamapeajes_traficocanal_2_2010	Container cargo	miles de toneladas netas CP/SUAB
149	09.1_canalpanamapeajes_traficocanal_3_2010	General cargo	miles de toneladas netas CP/SUAB
156	09.1_canalpanamatransitos_traficocanal_5_2010	Refrigerated cargo	miles de toneladas netas CP/SUAB
162	09.1_canalpanamaton_netas_traficocanal_6_2010	Tank	miles de toneladas netas CP/SUAB
163	09.1_canalpanamaton_desplazada_traficocanal_6_2010	Tank	miles de toneladas netas CP/SUAB
170	09.1_canalpanamacarga_traficocanal_7_2010	Naval	miles de toneladas netas CP/SUAB
178	10_pib_density_pib2011_nivel1	Densidad del PIB	Millones de dólares por kilometro cuadrado
182	10_pib_density_agro_ganaderia_silvicultura_pib2011_nivel1	Densidad del PIB agro, ganaderia y silvicultura	Millones de dólares por kilometro cuadrado

Sigue en la página siguiente.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

Tabla 6.1 – Continua desde la página previa

No	Nombre	Descripción	Unidad
186	10_pib_density_pesca_pib2011_nivel1	Densidad del PIB pesca	Millones de dólares por kilometro cuadrado
190	10_pib_density_minas_canteras_pib2011_nivel1	Densidad del PIB minas y canteras	Millones de dólares por kilometro cuadrado
198	10_pib_density_electricidad_gas_agua_pib2011_nivel1	Densidad del PIB electricidad, gas y agua	Millones de dólares por kilometro cuadrado
206	10_pib_density_comercio_mayor_menor_pib2011_nivel1	Densidad del PIB comercio mayor y menor	Millones de dólares por kilometro cuadrado
217	10_pib_inter_financiera_pib2011	PIB inter financiera	Millones de dólares
218	10_pib_density_inter_financiera_pib2011_nivel1	Densidad del PIB inter financiera	Millones de dólares por kilometro cuadrado
222	10_pib_density_inmo_empre_alquiler_pib2011_nivel1	Densidad del PIB inmo., empresarial y alquiler	Millones de dólares por kilometro cuadrado
226	10_pib_density_ensenanza_privada_pib2011_nivel1	Densidad del PIB enseñanza privada	Millones de dólares por kilometro cuadrado
230	10_pib_density_serv_social_salud_priv_pib2011_nivel1	Densidad del PIB serv. social salud priv.	Millones de dólares por kilometro cuadrado
233	10_pib_act_comunitarias_pib2011	PIB act comunitarias	Millones de dólares
234	10_pib_density_act_comunitarias_pib2011_nivel1	Densidad del PIB act. comunitarias	Millones de dólares por kilometro cuadrado
238	10_pib_density_menos_pib2011_nivel1	Densidad del PIB menos	Millones de dólares por kilometro cuadrado

Fuente Elaboración propia.

De acuerdo a Cesari (2006) se pueden distinguir tres tipos posibles de nodos, de acuerdo a las direcciones de los arcos que inciden en el mismo:

- Nodos en secuencia $X \longrightarrow Y \longrightarrow Z$.
- Nodos divergentes $X \longleftarrow Y \longrightarrow Z$.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

- Nodos convergentes $X \longrightarrow Y \longleftarrow Z$.

En este sentido, Cesari (2006) señala que en un árbol, “cualquier nodo (B) divide la red en dos subgrafos condicionalmente independientes, $E+$ y $E-$ ”, tal como se muestra en la Figura 6.12. Es así que, de acuerdo a este autor, el Nodo B separa la estructura de la red de un árbol en dos sub-arboles, por lo que podemos dividir la evidencia en dos grupos:

- $E-$: Datos en el árbol que cuya raíz es B.
- $E+$: Datos en el resto del árbol.

Figura 6.12: Subgrafos condicionalmente independientes, $E+$ y $E-$
Fuente: Cesari (2006)

De acuerdo a Puga and García (2008), en las conexiones divergentes (ver Figura 6.13) tenemos un nodo padre (o clase) que proyecta sus arcos sobre varios

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

hijos. Cuando no se conoce el estado de la variable madre existe dependencia entre las variables hijas. Sin embargo, cuando se conoce el estado de la variable padre, las evidencias sobre las variables hijas no se propagarán entre ellas. Así, en la Figura 6.13 diremos que A y C son independientes dado B.

Figura 6.13: Conexión divergente
Fuente: Elaboración propia.

Es así que, de acuerdo a Millan (2005), para este tipo de estructura se dice que los enlaces convergen cola-con-cola en el nodo B. De este modo, conocer el valor del padre común (B) se cierra la comunicación entre los hijos (A y C), por lo que, una vez que se conoce el valor de B, conocer el valor que toma un hijo ya no aporta información sobre el valor que puede tomar el otro. Lo que permite simplificar la red. En la estructura cola-con-cola la comunicación entre los hijos está abierta, y se cierra al conocer el valor del padre común (Millan, 2005).

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

6.4.3.2 Segundo análisis de las relaciones de las variables en la primera red bayesiana

Para el caso de la Figura 6.14. La variable 0, es padre de las variables 2, 5 y 9. Por lo tanto la variable 0 tiene efectos comunes en 2, 5, y 9. Cuando la variable 0 es dado, las variables, 2, 5 y 9 son condicionalmente independientes. De este modo, conocer el valor del padre común (variable 0) cierra la comunicación entre los hijos (variables, 2, 5 y 9).

Figura 6.14: Segunda zona estudiada de la primera red bayesiana - variable 0
Fuente: Resultados de la investigación.

Tabla 6.2: Segundo análisis de las relaciones de variables de la primera red bayesiana

No	Nombre	Descripción	Unidad
0	01_pob_id.data	ID único que identifica las unidades territoriales	c/u
2	01_pob_division1	ID numérico por corregimiento	s/u
5	01_pob_2010_nivel1	Población total	Personas
9	01_pob_densidad2010_nivel1	Densidad de población	Personas por kilómetro cuadrado

Fuente: Elaboración propia.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

En este caso, conocido el número de registro tiene efectos comunes sobre Nivel más básico de división territorial (170 unidades territoriales), Población total del nivel 1 en el 2010 y densidad de población nivel 1 en el 2010. Conocido el valor del número de registro se cierra la comunicación entre los hijos (variables, 2 5 y 9).

En este caso particular de la red bayesiana, se genera una red individual donde una vez conocida la variable *01_pob_id_data* que corresponde al ID o registro único de variables se conoce la variable *01_pob_division1* que identifica con un registro numérico único a cada una de las unidades territoriales del nivel 1 (170 unidades territoriales); se conoce *01_pob_2010_nivel1* que es la población o número de habitantes según el censo del 2010 en cada unidad territorial del nivel 1; y se conoce además la variable *01_pob_densidad2010_nivel1* que es la densidad de población según el censo del 2010 en el nivel 1. La descripción de estas variables se muestra en la tabla

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

6.4.3.3 Tercer análisis de las relaciones de las variables en la primera red bayesiana

El tercer análisis de las relaciones de las variables en la primera red bayesiana se centra, en primera instancia, en la *variable14*, que se muestra en la Figura 6.15

Figura 6.15: Tercera zona estudiada de la primera red bayesiana - variable 14; y la relación entre las variables 194, 166 y 202

Fuente: Resultados de la investigación.

Las variables relacionadas con: Cantidad de personas mayores de 18 años por nivel 1 en el 2010 (*variable14*), son las mostradas en la Tabla 6.3.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

Tabla 6.3: Tercer análisis de las relaciones de variables de la primera red bayesiana - análisis de la variable 14

No	Nombre	Descripción	Unidad
Variable analizada:			
14	01_pob_01_pob_18_years_or_more2010_nivel1	Población de 18 años o mayor	Personas
Hijos:			
15	01_pob_10_years_or_more2010_nivel1	Población de 10 años o mayor	Personas
17	01_pob_ocupados2010_nivel1	Población de Personas ocupadas	Personas
22	01_pob_con_impedimento2010_nivel1	Población con impedimento	Personas
23	01_pob_viviendas2010_nivel1	Cantidad de viviendas	c/u
26	01_pob_2000_nivel1	Población total	Personas
Padres:			
12	01_pob_hombre2010_nivel1	Población masculina	Personas
13	01_pob_mujeres2010_nivel1	Población femenina	Personas

Fuente: Elaboración propia.

De lo que se puede explicar que: El padre de Cantidad de personas mayores de 10 años por nivel 1 en el 2010, Cantidad de personas mayores de 10 años ocupados por nivel 1 en el 2010, Cantidad de personas mayores de 10 años con impedimento por nivel 1 en el 2010 y Cantidad de viviendas por nivel 1 en el 2010 es Cantidad de personas mayores de 18 años por nivel 1 en el 2010.

Por lo tanto la variable Cantidad de personas mayores de 18 años por nivel 1 en el

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

2010 tiene efectos comunes en Cantidad de personas mayores de 10 años por nivel 1 en el 2010, Cantidad de personas mayores de 10 años ocupados por nivel 1 en el 2010, Cantidad de personas mayores de 10 años con impedimento por nivel 1 en el 2010 y Cantidad de viviendas por nivel 1 en el 2010. Cuando la variable 0 es dado, las variables Cantidad de personas mayores de 10 años por nivel 1 en el 2010, Cantidad de personas mayores de 10 años ocupados por nivel 1 en el 2010, Cantidad de personas mayores de 10 años con impedimento por nivel 1 en el 2010 y Cantidad de viviendas por nivel 1 en el 2010 son condicionalmente independientes. De este modo, conocer el valor del padre común (variable Cantidad de personas mayores de 18 años por nivel 1 en el 2010) cierra la comunicación entre los hijos (Cantidad de personas mayores de 10 años por nivel 1 en el 2010, Cantidad de personas mayores de 10 años ocupados por nivel 1 en el 2010, Cantidad de personas mayores de 10 años con impedimento por nivel 1 en el 2010 y Cantidad de viviendas por nivel 1 en el 2010).

Si se presenta la relación mostrada en la Figura 6.16, se dice que D es un efecto indirecto de A y B causado por C, lo que significa que:

Las variables: Cantidad de personas mayores de 10 años por nivel 1 en el 2010, Cantidad de personas mayores de 10 años ocupados por nivel 1 en el 2010, Cantidad de personas mayores de 10 años con impedimento por nivel 1 en el 2010 y Cantidad de viviendas por nivel 1 en el 2010, son un efecto indirecto de: Cantidad de hombres

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

Figura 6.16: D es un efecto indirecto de A y B causado por C

Fuente: Elaboración propia.

por nivel 1 en el 2010 y Cantidad de mujeres por nivel 1 en el 2010 Causadas por:
Cantidad de personas mayores de 10 años no económicamente activa por nivel 1 en
el 2010

La relación entre variable Cantidad de personas mayores de 18 años por nivel 1 en
el 2010, Cantidad de hombres por nivel 1 en el 2010 y Cantidad de mujeres por
nivel 1 en el 2010 es del tipo convergente (ver figura 6.17).

Figura 6.17: A es un efecto directo de B y C

Fuente: Elaboración propia.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

De acuerdo a Millan (2005), en este tipo de estructura se dice que los enlaces convergen cabeza con-cabeza en A. Si se conoce el valor del hijo común A, se abre la comunicación entre los padres B y C, por lo que al conocer el valor de un padre cambia las probabilidades del otro.

Es así que, Cantidad de hombres por nivel 1 en el 2010 y Cantidad de mujeres por nivel 1 en el 2010 son dos causas alternativas de Cantidad de personas mayores de 18 años por nivel 1 en el 2010 Este tipo de relación también se presenta en: Cantidad de hombres por nivel 1 en el 2010 y Cantidad de mujeres por nivel 1 en el 2010 son dos causas alternativas de Cantidad de personas mayores de 10 años no económicamente activa por nivel 1 en el 2010 Cantidad de hombres por nivel 1 en el 2010 y Cantidad de personas mayores de 18 años por nivel 1 en el 2010 son dos causas alternativas de Cantidad de personas mayores de 10 años por nivel 1 en el 2010

El tercer análisis de las relaciones de las variables en la primera red bayesiana se centra, en segunda instancia, en las relaciones establecidas entre las *variables* 166, 194 y 202, que se muestra en la Figura 6.15 y su descripción se muestra en la Tabla 6.4. Estas variables presentan una relación cola - con cabeza (ver figura 6.18). En este tipo de estructura se dice que los enlaces convergen **cola-con cabeza** en B. Al conocer el valor de B, se cierra la comunicación entre el padre de B y el hijo de B. Una variable ya no nos aporta información sobre otra. Los sistemas que

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

presentan este comportamiento se dice que tienen la propiedad de Markov: dado el presente, el futuro es independiente del pasado (Millan, 2005). En la estructura **cola-con cabeza**, la comunicación entre los nodos raíz y hoja está abierta, y se cierra al conocer el valor nodo intermedio.

Figura 6.18: Relación cola - con cabeza

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6.4: Tercer análisis de las relaciones de variables de la primera red bayesiana - análisis de la relación entre las variables 166, 194 y 202

No	Nombre	Descripción	Unidad
166	09.1_canalpanamatransitos _traficocanal_7_2010	Naval	miles de toneladas netas CP/SUAB
194	10_pib_density_industrias _manufactur_pib2011_nivel1	Densidad del PIB industrias manufactureras	Millones de dólares por kilometro cuadrado
202	10_pib_density_construccion _pib2011_nivel1	Densidad del PIB construcción	Millones de dólares por kilometro cuadrado

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a Millan (2005), las conexiones seriales o cadenas causales representan un conjunto de variables asociadas linealmente que denota dependencia entre las variables. Tal como muestra la Figura 6.18, la variable B depende de A y la variable C depende del valor de B. Así, cuando sabemos algo sobre A podemos modificar nuestra creencia sobre el estado de B y esta información se propagará hasta C.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

Sin embargo, si encontramos una evidencia sobre B, añadir evidencias sobre C no alterará nuestro conocimiento sobre A y viceversa. En este caso decimos que A y C son condicionalmente independientes dado B (Millan, 2005).

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

6.4.3.4 Cuarto análisis de las relaciones de las variables en la primera red bayesiana

El cuarto análisis de las relaciones de las variables en la primera red se centra en la cuarta zona de estudio, y en particular en la *variable* 49 (ver Figura 6.19). Las relaciones establecidas por esta variable dentro de la red se muestra en la Tabla 6.5).

Por lo que dado Índice de Longitud de carretera de red primaria por área planificable en kilometro por kilometro cuadrados por nivel 2 tiene efectos comunes sobre todos sus hijos (ver tabla). Cuando la variable Índice de Longitud de carretera de red primaria por área planificable en kilometro por kilometro cuadrados por nivel 2 es dada, las variables hijos son condicionalmente independientes. De este modo, conocer el valor del padre común (Índice de Longitud de carretera de red primaria por área planificable en kilometro por kilometro cuadrados por nivel 2) cierra la comunicación entre los hijos.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

Figura 6.19: Cuarta zona estudiada de la primera red bayesiana - variable 49
Fuente: Elaboración propia.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

Tabla 6.5: Cuarto análisis de las relaciones de variables de la primera red bayesiana - análisis de la variable 49

No	Nombre	Descripción	Unidad
Variable analizada:			
49	03_carreteras_red_primaria_porareaplanificable_nivel2	Longitud de red primaria de carretera por área	kilómetros por kilómetros cuadrados
Padre:			
10	01_pob_densidad2010_nivel2	Densidad de población	Personas por kilometro cuadrado
30	02_area_total_nivel3	Área total	kilometro cuadrado
Hijos:			
3	01_pob_division2	ID numérico por Corregimiento y Distrito	s/u
7	01_pob_2010_nivel3	Población total	Personas
49	03_carreteras_red_primaria_porareaplanificable_nivel2	Longitud de red primaria de carretera por área	kilómetros por kilómetros cuadrados
52	03_carreteras_red_secundaria_porareaplanificable_nivel2	Longitud de red secundaria de carretera por área	kilómetros por kilómetros cuadrados
54	04_aeropuertos_longitud_pista_nivel1	Total de longitud de pista	metros
55	04_aeropuertos_longitud_pista_nivel2	Total de longitud de pista	metros
57	04_aeropuertos_longitud_pista_porarea_nivel1	Longitud total de pista por área	metros por kilómetros cuadrados
177	10_pib_total_pib2011_percapita	PIB total	Millones de dólares por habitante
180	10_pib_density_pib2011_nivel3	Densidad del PIB	Millones de dólares por kilometro cuadrado
181	10_pib_agro_ganaderia_silvicultura_pib2011	PIB agro, ganaderia y silvicultura	Millones de dólares
185	10_pib_pesca_pib2011	PIB pesca	Millones de dólares
188	10_pib_density_pesca_pib2011_nivel3	Densidad del PIB pesca	Millones de dólares por kilometro cuadrado
189	10_pib_minas_canteras_pib2011	PIB minas y canteras	Millones de dólares
192	10_pib_density_minas	Densidad del PIB	Millones de dólares

Sigue en la página siguiente.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

Tabla 6.5 – Continua desde la página previa

No	Nombre	Descripción	Unidad
197	_canteras_pib2011_nivel3	minas y canteras	por kilometro cuadrado
	10_pib_electricidad_gas_agua_pib2011	PIB electricidad, gas y agua	Millones de dólares
205	10_pib_comercio_mayor_menor_pib2011	PIB comercio mayor y menor	Millones de dólares
221	10_pib_inmo_empre_alquiler_pib2011	PIB inmobiliaria, empresarial y alquiler	Millones de dólares
229	10_pib_serv_social_salud_priv_pib2011	PIB serv. social salud privada	Millones de dólares
237	10_pib_menos_pib2011	PIB menos	Millones de dólares

Fuente: Elaboración propia.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

6.4.3.5 Quinto análisis de las relaciones de las variables en la primera red bayesiana

El quinto análisis de las relaciones de las variables en la primera red se centra en la quinta zona de estudio, y en particular en la *variable* 88 (ver Figura 6.20). Las relaciones establecidas por esta variable dentro de la red se muestra en la Tabla 6.6.

Figura 6.20: Quinta zona estudiada de la primera red bayesiana - variable 88
Fuente: Resultados de la investigación.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

Tabla 6.6: Quinto análisis de las relaciones de variables de la primera red bayesiana - análisis de la variable 88

No	Nombre	Descripción	Unidad
Variable analizada:			
88	05.1_principalports_container_berths_lengths	Longitud total de muelles para contenedores	metros
Hijo:			
75	05_ports_passengers	Terminal portuaria de pasajeros	cada uno
89	05.1_principalports_ro-ro_berths	Muelles ro-ro	cada uno
101	05.1_principalports_side_picks	Side picks 8 tiers high	cada uno
102	05.1_principalports_side_picks_5_tiers_high	Side_picks 5 tiers high	cada uno
114	05.1_principalports_outbound_lanes_three	Outbound lanes	cada uno
116	06_ferrocarril_terminal	Terminal de ferrocarril	cada uno
117	06_ferrocarril_portsassociated	Cantidad de puertos asociados al ferrocarril	cada uno
118	07_zona_economicas_especiales	Zonas económicas especiales	cada uno

Fuente: Elaboración propia.

El padre de Largo total de muelles para contenedores en metros de puertos principales por nivel 1 es Total de puertos principales por nivel 1 Los padres de Total de puertos principales por nivel 1 son Total de puertos de contenedores por nivel 1 y Total de puertos ro-ro por nivel 1 El padre de Total de puertos ro-ro por nivel 1 es Total de puertos de contenedores por nivel 1 Además según (ver Figura 6.21):

Figura 6.21: D es un efecto indirecto de A y B causado por C
Fuente: Elaboración propia.

Se dice que D es un efecto indirecto de A y B causado por C, lo que significa que:

Largo total de muelles para contenedores en metros de puertos principales por nivel

1 Es un efecto indirecto de son Total de puertos de contenedores por nivel 1 y Total

de puertos ro-ro por nivel 1, causado por de Total de puertos principales por nivel

1.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

6.4.3.6 Sexto análisis de las relaciones de las variables en la primera red bayesiana

El sexto análisis de las relaciones de las variables en la primera red se centra en la sexta zona de estudio, y en particular en la *variable* 73 (ver Figura 6.22). Las relaciones establecidas por esta variable dentro de la red se muestra en la Tabla 6.7.

Conocida la variable Total de puertos ro-ro por nivel 1, ésta tiene efectos comunes sobre todos sus hijos. Conocido el valor de la variable Total de puertos ro-ro por nivel 1 se cierra la comunicación entre los hijos.

Figura 6.22: Sexta zona estudiada de la primera red bayesiana - variable 73

Fuente: Resultados de la investigación.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

Tabla 6.7: Sexto análisis de las relaciones de variables de la primera red bayesiana - variable 73

No	Nombre	Descripción	Unidad
Variable analizada:			
73	05_ports_ro-ro	Terminal portuaria ro-ro	cada uno
Hijos:			
74	05_ports_dry_bulk	Terminal portuaria de carga seca	cada uno
75	05_ports_passengers	Terminal portuaria de pasajeros	cada uno
79	05.1_principalports_ro-ro	Total de puertos principales ro-ro	cada uno
80	05.1_principalports_bulk_dry	Total de puertos principales carga seca	cada uno
81	05.1_principalports_bulk_liquid	Total de puertos principales carga liquida	cada uno
91	05.1_principalports_multipurpose_berths	Muelles para multiproposito	cada uno
93	05.1_principalports_container_storage_area	Area de almacenaje de contenedores	hectareas
95	05.1_principalports_quay_cranes_super_post_panamax	Grúas Porticos Super Post Panamax	cada uno
97	05.1_principalports_quay_cranes_panamax	Grúas Porticos Panamax	cada uno
99	05.1_principalports_rubber_two_tyred_gantry_cranes	Grúas Porticos de Patio (RTG) 5 tiers + 1	cada uno
103	05.1_principalports_empty_handlers	Empty container handler	cada uno
104	05.1_principalports_empty_handlers_two	Empty container handler	cada uno
105	05.1_principalports_trucks	Trucks	cada uno
106	05.1_principalports_chassis	Chassis	cada uno
107	05.1_principalports_forklift	Forklift	cada uno
108	05.1_principalports_reefer_points	Reefer points	cada uno

Sigue en la página siguiente.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

Tabla 6.7 – Continua desde la página previa

No	Nombre	Descripción	Unidad
109	05.1_principalports _inbound_lanes	Inbound lanes	cada uno
110	05.1_principalports _outbound_lanes	Outbound lanes	cada uno
113	05.1_principalports _inbound_lanes_three	Inbound lanes	cada uno
114	05.1_principalports _outbound_lanes_three	Outbound lanes	cada uno

Fuente: Elaboración propia.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

6.4.3.7 Séptimo análisis de las relaciones de las variables en la primera red bayesiana

El séptimo análisis de las relaciones de las variables en la primera red se centra en la séptima zona de estudio, y en particular en la *variable* 76 (ver Figura 6.23). Las relaciones establecidas por esta variable dentro de la red se muestra en la Tabla 6.8.

Conocida la variable Total de puertos principales por nivel 1, ésta tiene efectos comunes sobre todos sus hijos. Conocido el valor de la variable Total de puertos principales por nivel 1 se cierra la comunicación entre los hijos.

Tabla 6.8: Séptimo análisis de las relaciones de variables de la primera red bayesiana
- variable 76

No	Nombre	Descripción	Unidad
Variable analizada:			
76	05.1_principalports_total	Total de terminales portuarias principales	cada uno
Hijos:			
77	05.1_principalports _containers	Total de terminales de contenedores principales	cada uno
78	05.1_principalports _general_cargo	Total de puertos principales de carga general	cada uno
82	05.1_principalports _special_projects	Total de puertos principales especiales	cada uno
83	05.1_principalports _total_area	Área Total de puertos principales	metros cuadrados
84	05.1_principalports _calado_minimo	Calado mínimo	metros
85	05.1_principalports _calado_maximo	Calado máximo	metros
86	05.1_principalports _total_berths	Cantidad de muelles	cada uno
87	05.1_principalports _container_berths	Cantidad de muelles para contenedores	cada uno

Sigue en la página siguiente.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

Tabla 6.8 – Continua desde la página previa

No	Nombre	Descripción	Unidad
88	05.1_principalports_container_berths_lengths	Longitud total de muelles para contenedores	metros
94	05.1_principalports_container_storage_capacity	Capacidad de almacenaje de contenedores	TEU's
96	05.1_principalports_quay_cranes_post_panamax	Grúas Porticos Post Panamax	cada uno
98	05.1_principalports_rubber_tyred_gantry_cranes	Grúas Porticos de Patio (RTG) 6 tiers + 1	cada uno
120	09.canalpanama_terminal	Esclusas del canal de Panamá	cada uno
122	09.1.canalpanamatransitos_traficocanal_1_2010	Bulk carriers	miles de toneladas netas CP/SUAB
123	09.1.canalpanamaton_netas_traficocanal_1_2010	Bulk carriers	miles de toneladas netas CP/SUAB
125	09.1.canalpanamapeajes_traficocanal_1_2010	Bulk carriers	miles de toneladas netas CP/SUAB
126	09.1.canalpanamacarga_traficocanal_1_2010	Bulk carriers	miles de toneladas netas CP/SUAB
127	09.1.canalpanamatransitos_traficocanal_2_2010	Container cargo	miles de toneladas netas CP/SUAB
128	09.1.canalpanamaton_netas_traficocanal_2_2010	Container cargo	miles de toneladas netas CP/SUAB
130	09.1.canalpanamapeajes_traficocanal_2_2010	Container cargo	miles de toneladas netas CP/SUAB
131	09.1.canalpanamacarga_traficocanal_2_2010	Container cargo	miles de toneladas netas CP/SUAB
132	09.1.canalpanamatransitos_traficocanal_3_2010	General cargo	miles de toneladas netas CP/SUAB
133	09.1.canalpanamaton_netas_traficocanal_3_2010	General cargo	miles de toneladas netas CP/SUAB
135	09.1.canalpanamapeajes_traficocanal_3_2010	General cargo	miles de toneladas netas CP/SUAB
136	09.1.canalpanamacarga_traficocanal_3_2010	General cargo	miles de toneladas netas CP/SUAB
137	09.1.canalpanamatransitos_traficocanal_4_2010	Passanger	miles de toneladas netas CP/SUAB
138	09.1.canalpanamaton_netas_traficocanal_4_2010	Passanger	miles de toneladas netas CP/SUAB

Sigue en la página siguiente.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

Tabla 6.8 – Continua desde la página previa

No	Nombre	Descripción	Unidad
140	09.1_canalpanamapeajes _traficocanal_4_2010	Passanger	miles de toneladas netas CP/SUAB
142	09.1_canalpanamatransitos _traficocanal_5_2010	Refrigerated cargo	miles de toneladas netas CP/SUAB
143	09.1_canalpanamaton_netas _traficocanal_5_2010	Refrigerated cargo	miles de toneladas netas CP/SUAB
145	09.1_canalpanamapeajes _traficocanal_5_2010	Refrigerated cargo	miles de toneladas netas CP/SUAB
146	09.1_canalpanamacarga _traficocanal_5_2010	Refrigerated cargo	miles de toneladas netas CP/SUAB
147	09.1_canalpanamatransitos _traficocanal_6_2010	Tank	miles de toneladas netas CP/SUAB
148	09.1_canalpanamaton_netas _traficocanal_6_2010	Tank	miles de toneladas netas CP/SUAB
150	09.1_canalpanamapeajes _traficocanal_6_2010	Tank	miles de toneladas netas CP/SUAB
151	09.1_canalpanamacarga _traficocanal_6_2010	Tank	miles de toneladas netas CP/SUAB
152	09.1_canalpanamatransitos _traficocanal_7_2010	Naval	miles de toneladas netas CP/SUAB
153	09.1_canalpanamaton_netas _traficocanal_7_2010	Naval	miles de toneladas netas CP/SUAB
154	09.1_canalpanamaton _desplazada_traficocanal_7_2010	Naval	miles de toneladas netas CP/SUAB
155	09.1_canalpanamapeajes _traficocanal_7_2010	Naval	miles de toneladas netas CP/SUAB
157	09.1_canalpanamatransitos _traficocanal_8_2010	Barges, dredges...	miles de toneladas netas CP/SUAB
158	09.1_canalpanamaton_netas _traficocanal_8_2010	Barges, dredges...	miles de toneladas netas CP/SUAB
159	09.1_canalpanamaton _desplazada_traficocanal_8_2010	Barges, dredges...	miles de toneladas netas CP/SUAB
160	09.1_canalpanamapeajes _traficocanal_8_2010	Barges, dredges...	miles de toneladas netas CP/SUAB
161	09.1_canalpanamacarga _traficocanal_8_2010	Barges, dredges...	miles de toneladas netas CP/SUAB

Fuente: Elaboración propia.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

Figura 6.23: Séptima zona estudiada de la primera red bayesiana - variable 76
Fuente: Resultados de la investigación.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

Tabla 6.9: Octavo análisis de las relaciones de variables de la primera red bayesiana - variable 89

No	Nombre	Descripción	Unidad
Variable analizada:			
89	05.1_principalports _ro-ro_berths	Muelles ro-ro	cada uno
Hijos:			
90	05.1_principalports_ro-ro _berths_lengths	Longitud de muelles ro-ro	metros
100	05.1_principalports _top_picks	Top picks 5 tiers high	cada uno
111	05.1_principalports _inbound_lanes_two	Inbound lanes	cada uno
112	05.1_principalports _outbound_lanes_two	Outbound lanes	cada uno
114	05.1_principalports _outbound_lanes_three	Outbound lanes	cada uno
119	08_parques_logisticos	Parques logísticos	cada uno
164	10_pib_density _pib2011_nivel1	Densidad del PIB	Millones de dólares por kilometro cuadrado
176	10_pib_density_minas_canteras _pib2011_nivel1	Densidad del PIB minas y canteras	Millones de dólares por kilometro cuadrado
192	10_pib_density_comercio _mayor_menor_pib2011_nivel1	Densidad del PIB comercio mayor y menor	Millones de dólares por kilometro cuadrado
236	10_pib_density_mas _pib2011_nivel1	Densidad del PIB más	Millones de dólares por kilometro cuadrado

Fuente: Elaboración propia.

Por lo que conocida la variable Cantidad de muelles roro de puertos principales por nivel 1, ésta tiene efectos comunes sobre todos sus hijos. Conocido el valor de la variable Cantidad de muelles roro de puertos principales por nivel 1 se cierra la comunicación entre los hijos.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

La relación entre variable, Cantidad de muelles ro-ro de puertos principales por nivel 1, Cantidad de gates outbound lanes to/from rail de puertos principales por nivel 1 y Total de puertos ro-ro por nivel 1 es del tipo convergente. En este tipo de estructura se dice que los enlaces convergen cabeza con-cabeza en Cantidad de gates outbound lanes to/from rail de puertos principales por nivel 1. Conocer el valor del hijo común (Cantidad de gates outbound lanes to/from rail de puertos principales por nivel 1 abre la comunicación entre los padres (Cantidad de muelles ro-ro de puertos principales por nivel 1 y Total de puertos ro-ro por nivel 1), ya que conocer el valor de un padre cambia las probabilidades del otro, a este efecto se le llama “eliminación de explicaciones”. Las variables Cantidad de muelles ro-ro de puertos principales por nivel 1 y Total de puertos ro-ro por nivel 1 son marginalmente independientes, pero cuando Cantidad de gates outbound lanes to/from rail de puertos principales por nivel 1 es dado estas variables son condicionalmente dependientes.

La misma relación se produce entre las variables Total de puertos de contenedores por nivel 1, Total de puertos ro-ro por nivel 1 y Total de puertos principales por nivel 1, por lo que conocer el valor del hijo común (Total de puertos principales por nivel 1) abre la comunicación entre los padres (Total de puertos de contenedores por nivel 1, Total de puertos ro-ro por nivel 1), ya que conocer el valor de un padre cambia las probabilidades del otro.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

También se produce que conocida la variable Total de puertos de contenedores por nivel 1, ésta tiene efectos comunes sobre todos sus hijos. Conocido el valor de la variable Total de puertos de contenedores por nivel 1 se cierra la comunicación entre los hijos: PIB electricidad, gas y agua por provincia 2011, Total de puertos principales por nivel 1 y Total de puertos ro-ro por nivel 1.

Entre las variables Total de puertos ro-ro por nivel 1 y Cantidad de muelles ro-ro de puertos principales por nivel 1 y todos los hijos de Cantidad de muelles ro-ro de puertos principales por nivel 1 se presenta una relación del tipo mostrada en la Figura 6.25.

Figura 6.25: Relación cola con cabeza
Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a Millan (2005), en este tipo de estructura se dice que los enlaces convergen cola-con cabeza en B, Cantidad de muelles ro-ro de puertos principales por nivel 1. Al conocer el valor de B Cantidad de muelles ro-ro de puertos principales por nivel, se cierra la comunicación entre el padre de B Total de puertos ro-ro por nivel 1 y el hijo de B todos los hijos de Cantidad de muelles ro-ro de puertos principales por nivel 1. Una variable ya no nos aporta información sobre otra. En la estructura cola-concabeza, la comunicación entre los nodos raíz y hoja

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

está abierta, y se cierra al conocer el valor nodo intermedio

De acuerdo a Millan (2005), las conexiones seriales o cadenas causales representan un conjunto de variables asociadas linealmente que denota dependencia entre las variables. Así, cuando sabemos algo sobre A Total de puertos ro-ro por nivel 1 podemos modificar nuestra creencia sobre el estado de B Cantidad de muelles roro de puertos principales por nivel 1 y esta información se propagará hasta C cualquiera de los hijos de Cantidad de muelles roro de puertos principales por nivel 1. Sin embargo, si encontramos una evidencia sobre B Cantidad de muelles roro de puertos principales por nivel 1, añadir evidencias sobre C no alterará nuestro conocimiento sobre A y viceversa. En este caso decimos que A y C son condicionalmente independientes dado B Cantidad de muelles roro de puertos principales por nivel 1.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

6.4.3.9 Noveno análisis de las relaciones de las variables en la primera red bayesiana

El noveno análisis de las relaciones de las variables en la primera red se centra en la novena zona de estudio, y en particular en la *variable* 175 (ver Figura 6.26).

La variable PIB minas y canteras por provincia 2011 es el padre de las variables listadas en la Tabla 6.10.

Figura 6.26: Novena zona estudiada de la primera red bayesiana - variable 89

Fuente: Elaboración propia.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

Tabla 6.10: Noveno análisis de las relaciones de variables de la primera red bayesiana
- variable 175

No	Nombre	Descripción	Unidad
Variable analizada:			
175	10_pib_minas_canteras_pib2011	PIB minas y canteras	Millones de dólares
Hijos:			
183	10_pib_electricidad_gas_agua_pib2011	PIB electricidad, gas y agua	Millones de dólares
187	10_pib_construccion_pib2011	PIB construcción	Millones de dólares
191	10_pib_comercio_mayor_menor_pib2011	PIB comercio mayor y menor	Millones de dólares
199	10_pib_transport_pib2011	PIB transporte	Millones de dólares
215	10_pib_serv_social_salud_priv_pib2011	PIB serv. social salud privada	Millones de dólares
227	10_pib_gobierno_pib2011	PIB gobierno	Millones de dólares
235	10_pib_mas_pib2011	PIB más	Millones de dólares

Fuente: Elaboración propia.

Por lo que se produce que conocida la variable PIB minas y canteras por provincia 2011, ésta tiene efectos comunes sobre todos sus hijos. Conocido el valor de la variable PIB minas y canteras por provincia 2011 se cierra la comunicación entre los hijos.

Se produce una relación del tipo mostrada en la Figura 6.27, donde D es un efecto indirecto de A y B causado por C.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

Figura 6.27: D es un efecto indirecto de A y B causado por C

Fuente: Elaboración propia.

Por lo que PIB inmobiliarias empresarial y alquiler por provincia 2011, es un efecto indirecto de PIB minas y canteras por provincia 2011 y PIB servicios social, salud priv por provincia 2011, causado por PIB electricidad, gas y agua por provincia 2011

Por lo que PIB inmobiliarias empresarial y alquiler por provincia 2011, es un efecto indirecto de PIB minas y canteras por provincia 2011 y Total de puertos de contenedores por nivel 1, causado por PIB electricidad, gas y agua por provincia 2011

Por lo que PIB inmobiliarias empresarial y alquiler por provincia 2011, es un efecto indirecto de PIB servicios social, salud priv por provincia 2011 y Total de puertos de contenedores por nivel 1, causado por PIB electricidad, gas y agua por provincia

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

2011

Entre las variables PIB comercio mayor y menor por provincia 2011, PIB inter financiera por provincia 2011 y PIB inmobiliarias empresarial y alquiler por provincia 2011 en la que los enlaces convergen cola-con cabeza en B, PIB inter financiera por provincia 2011 . Al conocer el valor de B PIB inter financiera por provincia 2011, se cierra la comunicación entre el padre de B PIB comercio mayor y menor por provincia 2011y el hijo de B PIB inmobiliarias empresarial y alquiler por provincia 2011.. Una variable ya no nos aporta información sobre otra. En la estructura cola-con cabeza, la comunicación entre los nodos raíz PIB comercio mayor y menor por provincia 201 y hoja PIB inmobiliarias empresarial y alquiler por provincia 2011 está abierta, y se cierra al conocer el valor nodo intermedio PIB inter financiera por provincia 2011.

Entre las variables PIB minas y canteras por provincia 2011, PIB comercio mayor y menor por provincia 2011, PIB inter financiera por provincia 2011, se produce el mismo tipo de enlace cola-con cabeza en PIB comercio mayor y menor por provincia 2011.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

6.4.3.10 Décimo análisis de las relaciones de las variables en la primera red bayesiana

El décimo análisis de las relaciones de las variables en la primera red se centra en la décima zona de estudio, y en particular en la *variable* 203 (ver Figura 6.26). Las relaciones establecidas por esta variable dentro de la red se muestra en la Tabla 6.11.

Figura 6.28: Décima zona estudiada de la primera red bayesiana - variable 203

Fuente: Resultados de la investigación.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

Tabla 6.11: Décimo análisis de las relaciones de variables de la primera red bayesiana - variable 203

No	Nombre	Descripción	Unidad
Variable analizada:			
203	10_pib_inter_financiera_pib2011	PIB inter financiera	Millones de dólares
Padre:			
191	10_pib_comercio_mayor_menor_pib2011	PIB comercio mayor y menor	Millones de dólares
Hijo:			
207	10_pib_inmo_empre_alquiler_pib2011	PIB inmobiliaria, empresarial y alquiler	Millones de dólares
211	10_pib_ensenanza_privada_pib2011	PIB enseñanza privada	Millones de dólares
246	10_pib_comercio_mayor_menor_pib2000	PIB enseñanza privada	Millones de dólares
248	10_pib_transport_almacena_comunicaciones_pib2000	PIB transporte	Millones de dólares

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto se puede decir que entre las variables PIB comercio mayor y menor por provincia 2011, PIB inter financiera por provincia 2011 y cada uno de los hijos de PIB inter financiera por provincia 2011 en la que los enlaces convergen cola-con cabeza en B, PIB inter financiera por provincia 2011 . Al conocer el valor de B PIB inter financiera por provincia 2011, se cierra la comunicación entre el padre de B PIB comercio mayor y menor por provincia 2011 y cualquier hijo de B. Una variable ya no nos aporta información sobre otra. Además se produce que conocida la variable PIB inter financiera por provincia 2011,, ésta tiene efectos comunes

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

sobre todos sus hijos. Conocido el valor de la PIB inter financiera por provincia
2011, se cierra la comunicación entre los hijos.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

6.4.4 Resultados de la construcción del modelo: segunda red bayesiana.

Tras la “poda” de la primera red las variables para generar la segunda red con menor numero de variables aparecen en la Tabla 6.12. De manera que “id_variable” es el número con el que se identifica la variable en origen. Por ejemplo id_variable = 1 es la variable 01_pob_provincia Código de provincia - 9 provincias de Panamá (3 Colón, 8 Panamá) y “número en red” corresponde al valor con el que va a aparecer en el grafo de la nueva red.

Tabla 6.12: Segunda red bayesiana

numero_en_red	id_variable
0	1
1	3
2	4
3	6
4	7
5	8
6	10
7	11
8	12
9	13
10	14
11	16
12	18
13	19
14	21
15	23
16	24
17	25
18	27
19	28

Sigue en la página siguiente.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

Tabla 6.12 – Continua desde la página previa

numero_en_red	id_variable
20	29
21	30
22	34
23	35
24	36
25	37
26	38
27	39
28	40
29	41
30	42
31	43
32	44
33	45
34	46
35	48
36	49
37	50
38	51
39	52
40	53
41	54
42	55
43	56
44	58
45	59
46	60
47	61
48	62
49	63
50	64
51	65
52	66
53	67
54	68
55	69
56	70

Sigue en la página siguiente.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

Tabla 6.12 – Continua desde la página previa

numero_en_red	id_variable
57	71
58	72
59	73
60	75
61	76
62	88
63	89
64	112
65	119
66	164
67	165
68	166
69	167
70	168
71	169
72	171
73	172
74	173
75	174
76	175
77	176
78	179
79	180
80	183
81	184
82	188
83	191
84	192
85	193
86	194
87	195
88	196
89	200
90	201
91	202
92	203
93	204

Sigue en la página siguiente.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

Tabla 6.12 – Continua desde la página previa

numero_en_red	id_variable
94	208
95	209
96	212
97	213
98	214
99	215
100	216
101	219
102	220
103	223
104	224
105	225
106	228
107	231
108	232
109	236
110	240
111	241
112	242
113	243
114	244
115	245
116	249
117	250
118	251
119	252
120	253

Fuente: Elaboración propia.

A partir de la red obtenida se analizan las variables de manera que como se muestra en la Tabla 6.12, se va podando la red, de manera que “código_red_3” presenta tres situaciones, el “0” representa las variables que van a utilizarse para generar una

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

tercera red, el “1” representa variables que se eliminan por no depender ninguna variable de ella, es decir ser un extremo final de la red, a este nodo solo llegan aristas, no salen aristas y el “2” son variables eliminadas por criterio experto.

Tabla 6.13: Análisis de la segunda red bayesiana para obtener la tercera red bayesiana

numero_en_red	id_variable	codigo_red_3
0	1	2
1	3	0
2	4	0
3	6	0
4	7	0
5	8	0
6	10	0
7	11	0
8	12	0
9	13	0
10	14	2
11	16	0
12	18	0
13	19	0
14	21	1
15	23	1
16	24	2
17	25	2
18	27	0
19	28	0
20	29	0
21	30	0
22	34	2
23	35	2
24	36	0
25	37	0
26	38	2
27	39	0
28	40	0
29	41	0

Sigue en la página siguiente.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

Tabla 6.13 – Continúa desde la página previa

numero_en_red	id_variable	codigo_red_3
30	42	0
31	43	0
32	44	0
33	45	0
34	46	2
35	48	2
36	49	2
37	50	2
38	51	2
39	52	2
40	53	2
41	54	0
42	55	0
43	56	0
44	58	1
45	59	0
46	60	0
47	61	0
48	62	0
49	63	0
50	64	1
51	65	1
52	66	1
53	67	0
54	68	0
55	69	0
56	70	0
57	71	0
58	72	2
59	73	0
60	75	2
61	76	0
62	88	0
63	89	1
64	112	1
65	119	1
66	164	0
67	165	2

Sigue en la página siguiente.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

Tabla 6.13 – Continúa desde la página previa

numero_en_red	id_variable	codigo_red_3
68	166	0
69	167	0
70	168	2
71	169	2
72	171	2
73	172	2
74	173	2
75	174	2
76	175	0
77	176	2
78	179	2
79	180	1
80	183	1
81	184	2
82	188	2
83	191	0
84	192	1
85	193	2
86	194	2
87	195	0
88	196	2
89	200	1
90	201	1
91	202	2
92	203	1
93	204	2
94	208	2
95	209	2
96	212	2
97	213	2
98	214	2
99	215	2
100	216	2
101	219	1
102	220	2
103	223	2
104	224	1
105	225	2

Sigue en la página siguiente.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

Tabla 6.13 – Continua desde la página previa

numero_en_red	id_variable	codigo_red_3
106	228	2
107	231	1
108	232	2
109	236	1
110	240	1
111	241	1
112	242	1
113	243	1
114	244	1
115	245	1
116	249	1
117	250	2
118	251	1
119	252	1
120	253	1

Fuente: Elaboración propia.

De manera que las variables que van a emplearse para generar la tercera red son las que aparecen en la Tabla 6.14.

Tabla 6.14: Análisis de la segunda red bayesiana para obtener la tercera red bayesiana

numero_en_red	id_variable	nombre_variable	descripción
1	3	01_pob_division2	Nivel intermedio de división territorial (68 unidades territoriales)
2	4	01_pob_division3	Nivel máximo de división territorial (15 unidades territoriales)

Sigue en la página siguiente.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

Tabla 6.14 – Continua desde la página previa

numero_en_red	id_variable	nombre_variable	descripción
3	6	01_pob_division2	Nivel intermedio de división territorial (68 unidades territoriales)
4	7	01_pob_division3	Nivel máximo de división territorial (15 unidades territoriales)
5	8	01_pob_division2	Nivel intermedio de división territorial (68 unidades territoriales)
6	10	01_pob_densidad2010_nivel2	Densidad de población nivel 2 en el 2010
7	11	01_pob_densidad2010_nivel3	Densidad de población nivel 3 en el 2010
8	12	01_pob_hombre2010_nivel1	Cantidad de hombres por nivel 1 en el 2010
9	13	01_pob_mujeres2010_nivel1	Cantidad de mujeres por nivel 1 en el 2010
11	16	01_pob_tercero_primaria2010_nivel1	Cantidad de personas mayores de 10 años con un nivel de educación menor de tercer grado de primaria por nivel 1 en el 2010

Sigue en la página siguiente.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

Tabla 6.14 – Continua desde la página previa

numero_en_red	id_variable	nombre_variable	descripción
12	18	01_pob_actividades_agro2010_nivel1	Cantidad de personas mayores de 10 años ocupados en actividades agropecuarias por nivel 1 en el 2010
13	19	01_pob_desocupados2010_nivel1	Cantidad de personas mayores de 10 años desocupados por nivel 1 en el 2010
18	27	01_pob_densidad2000_nivel1	Densidad de población nivel 1 en el 2000
19	28	02_area_total_nivel1	Densidad de población nivel 1 en el 2010
20	29	02_area_total_nivel2	Densidad de población nivel 2 en el 2010
21	30	02_area_total_nivel3	Densidad de población nivel 3 en el 2010
24	36	02_areas_protegidas_nivel3	Área protegida en kilómetros cuadrados por nivel 3
25	37	02_area_planificable_nivel1	Área planificable en kilómetros cuadrados por nivel 1
27	39	02_area_planificable_nivel3	Área planificable en kilómetros cuadrados por nivel 3

Sigue en la página siguiente.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

Tabla 6.14 – Continua desde la página previa

numero_en_red	id_variable	nombre_variable	descripción
28	40	03_carreteras_red_primaria_nivel1	Longitud total de carretera de red primaria en kilómetros cuadrados por nivel 1
29	41	03_carreteras_red_primaria_nivel2	Longitud total de carretera de red primaria en kilómetros cuadrados por nivel 2
30	42	03_carreteras_red_primaria_nivel3	Longitud total de carretera de red primaria en kilómetros cuadrados por nivel 3
31	43	03_carreteras_red_primaria_por_provincia	Longitud total de carretera de red primaria en kilómetros por provincia
32	44	03_carreteras_red_secundaria_nivel1	Longitud total de carretera de red secundaria en kilómetros por nivel 1
33	45	03_carreteras_red_secundaria_nivel2	Longitud total de carretera de red secundaria en kilómetros por nivel 2
41	54	04_aeropuertos_longitud_pista_nivel1	Longitud total de pistas en metros por nivel 1

Sigue en la página siguiente.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

Tabla 6.14 – Continua desde la página previa

numero_en_red	id_variable	nombre_variable	descripción
42	55	04_aeropuertos_longitud_pista_nivel2	Longitud total de pistas en metros por nivel 2
43	56	04_aeropuertos_longitud_pista_nivel3	Longitud total de pistas en metros por nivel 3
45	59	04_aeropuertos_longitud_pista_porarea_nivel3	Índice de longitud de pistas por área en metros por kilómetros cuadrados por nivel 3
46	60	04_aeropuertos_cantidad_Internacional	Cantidad total de aeropuertos internacional por nivel 1
47	61	04_aeropuertos_cantidad_local	Cantidad total de aeropuertos locales por nivel 1
48	62	04_aeropuertos_year2005_vuelosgelabert	Cantidad total de vuelos desde el aeropuerto Gelabert hacia las unidades territoriales por nivel 1 en el 2005
49	63	04_aeropuertos_year2006_vuelosgelabert	Cantidad total de vuelos desde el aeropuerto Gelabert hacia las unidades territoriales por nivel 1 en el 2006

Sigue en la página siguiente.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

Tabla 6.14 – Continua desde la página previa

numero_en_red	id_variable	nombre_variable	descripción
53	67	04.aeropuertos_year2010_vuelosgelabert	Cantidad total de vuelos desde el aeropuerto Gelabert hacia las unidades territoriales por nivel 1 en el 2010
54	68	05_ports_totalsecondary	Total de puertos secundarios por nivel 1
55	69	05_ports_containers	Total de puertos de contenedores por nivel 1
56	70	05_ports_local	Total de puertos locales por nivel 1
57	71	05_ports_general_cargo	Total de puertos de carga general por nivel 1
59	73	05_ports_roro	Total de puertos ro-ro por nivel 1
61	76	05.1_principalports_total	Total de puertos principales por nivel 1
62	88	05.1_principalports_container_berths_lengths	Largo total de muelles para contenedores en metros de puertos principales por nivel 1
66	164	10_pib_density_pib2011_nivel1	Densidad del PIB 2011 por nivel 1
68	166	10_pib_density_pib2011_nivel3	Densidad del PIB 2011 por nivel 3
69	167	10_pib_agro_ganaderia_silvicultura_pib2011	PIB Agro y ganaderia y silvicultura por provincia 2011

Sigue en la página siguiente.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

Tabla 6.14 – Continua desde la página previa

numero_en_red	id_variable	nombre_variable	descripción
76	175	10_pib_minas_canteras_pib2011	PIB minas y canteras por provincia 2011
83	191	10_pib_comercio_mayor_menor_pib2011	PIB comercio mayor y menor por provincia 2011
87	195	10_pib_hoteles_y_restaurantes_pib2011	PIB hoteles y restaurantes por provincia 2011

Fuente: Elaboración propia.

Hasta aquí 47 variables que definen la planificación logística de Panamá, el resto de variables se definen a partir de estas, es decir, conocidas estas el resto se definen a través de ellas, por ello se han podido eliminar. En líneas generales tenemos cuatro tipos de variables: las variables poblacionales, que describen aspectos como la distribución de la población en las unidades territoriales, la composición por género de la población, el nivel de estudios básicos de la población, ya la cantidad de personas ocupadas por unidad territorial; variable ambiental, ya que se considera las áreas protegidas del país; variables de infraestructuras y nodos logísticos, que describen la red primaria y secundaria, los aeropuertos y los puertos que se asocian a las variables de movimiento de carga del Canal de Panamá y del ferrocarril interoceánico que va paralelo al Canal; además de contar con las variables económicas, donde se consideran el PIB del país.

6.4.5 Resultados de la construcción del modelo: tercera red bayesiana.

A partir de la tercera red, mostrada en la Figura 6.29, se van a analizar las sub-redes generadas. En la Figura 6.29 se muestra las variables identificadas con un ID numérico único (id_variable), y el nombre correspondiente a cada ID numérico único se detalla en la Tabla 6.15, y la descripción de cada variable se encuentra en el Anexo A.

Figura 6.29: Red Bayesiana
Fuente: Resultados de la investigación.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

Tabla 6.15: Variables de la tercera red bayesiana

id_variable	Nombre variable
3	01_pob_division2
4	01_pob_division3
6	01_pob_2010_nivel2
7	01_pob_2010_nivel3
8	01_pob_2010_provincia
10	01_pob_densidad2010_nivel2
11	01_pob_densidad2010_nivel3
12	01_pob_hombre2010_nivel1
13	01_pob_mujeres2010_nivel1
16	01_pob_tercero_primaria2010_nivel1
18	01_pob_actividades_agro2010_nivel1
19	01_pob_desocupados2010_nivel1
27	01_pob_densidad2000_nivel1
28	02_area_total_nivel1
29	02_area_total_nivel2
30	02_area_total_nivel3
36	02_areas_protegidas_nivel3
37	02_area_planificable_nivel1
39	02_area_planificable_nivel3
40	03_carreteras_red_primaria_nivel1
41	03_carreteras_red_primaria_nivel2
42	03_carreteras_red_primaria_nivel3
43	03_carreteras_red_primaria_por_provincia
44	03_carreteras_red_secundaria_nivel1
45	03_carreteras_red_secundaria_nivel2
54	04_aeropuertos_longitud_pista_nivel1
55	04_aeropuertos_longitud_pista_nivel2
56	04_aeropuertos_longitud_pista_nivel3
59	04_aeropuertos_longitud_pista_porarea_nivel3
60	04_aeropuertos_cantidad_Internacional
61	04_aeropuertos_cantidad_local
62	04_aeropuertos_year2005_vuelosgelabert
63	04_aeropuertos_year2006_vuelosgelabert
67	04_aeropuertos_year2010_vuelosgelabert
68	05_ports_totalsecondary
69	05_ports_containers
70	05_ports_local

Sigue en la página siguiente.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

Tabla 6.15 – Continua desde la página previa

id_variable	Nombre variable
71	05_ports_general_cargo
73	05_ports_roro
76	05.1_principalports_total
88	05.1_principalports_container_berths_lengths
164	10_pib_density_pib2011_nivel1
166	10_pib_density_pib2011_nivel3
167	10_pib_agro_ganaderia_silvicultura_pib2011
175	10_pib_minas_canteras_pib2011
191	10_pib_comercio_mayor_menor_pib2011
195	10_pib_hoteles_y_restaurantes_pib2011

Fuente: Elaboración propia.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

6.4.5.1 Primer análisis de las relaciones de las variables en la tercera red bayesiana

El primer análisis de las relaciones de las variables en la tercera red corresponde al **primer sector** estudiado de la tercera red, y que se muestra en la Figura 6.30.

Los nombres de las variables correspondientes a la Figura 6.30 se muestran a continuación la Tabla 6.16, y la descripción de cada variable se encuentra en el Anexo A.

Figura 6.30: Primer sector estudiado de la tercera red

Fuente: Resultados de la investigación.

Tabla 6.16: Primer análisis de las relaciones de variables de la tercera red

id_variable	Nombre variable
10	01_pob_densidad2010_nivel2

Sigue en la página siguiente.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

Tabla 6.16 – Continua desde la página previa

id_variable	Nombre variable
12	01_pob_hombre2010_nivel1
13	01_pob_mujeres2010_nivel1
16	01_pob_tercero_primaria2010_nivel1
18	01_pob_actividades_agro2010_nivel1
19	01_pob_desocupados2010_nivel1
27	01_pob_densidad2000_nivel1
28	02_area_total_nivel1
29	02_area_total_nivel2
30	02_area_total_nivel3
43	03_carreteras_red_primaria_por_provincia
54	04_aeropuertos_longitud_pista_nivel1
60	04_aeropuertos_cantidad_Internacional
61	04_aeropuertos_cantidad_local
62	04_aeropuertos_year2005_vuelosgelabert
63	04_aeropuertos_year2006_vuelosgelabert
67	04_aeropuertos_year2010_vuelosgelabert
68	05_ports_totalsecondary
69	05_ports_containers
70	05_ports_local
71	05_ports_general_cargo
73	05_ports_oro
76	05.1_principalports_total
88	05.1_principalports_container_berths_lengths
164	10_pib_density_pib2011_nivel1
175	10_pib_minas_canteras_pib2011

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se analizan las relaciones que se producen. Si se presenta la relación que se muestra en la Figura 6.31:

Se dice que D es un efecto indirecto de A y B causado por C, lo que significa que las variables:

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

Figura 6.31: Relación entre variables dentro de la red bayesiana

Fuente: Elaboración propia.

- Cantidad total de vuelos desde el aeropuerto Gelabert hacia las unidades territoriales por nivel 1 en el 2006, es un efecto indirecto de Cantidad total de aeropuertos locales por nivel 1 y Longitud total de carretera de red primaria en kilómetros por provincia causado por Cantidad total de vuelos desde el aeropuerto Gelabert hacia las unidades territoriales por nivel 1 en el 2005.
- Total de puertos secundarios por nivel 1, es un efecto indirecto de Cantidad total de aeropuertos locales por nivel 1 y Longitud total de carretera de red primaria en kilómetros por provincia causado por Cantidad total de vuelos desde el aeropuerto Gelabert hacia las unidades territoriales por nivel 1 en el 2005
- Cantidad total de vuelos desde el aeropuerto Gelabert hacia las unidades

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

territoriales por nivel 1 en el 2005 es un efecto indirecto de Longitud total de pistas en metros por nivel 1 y Cantidad total de aeropuertos internacional por nivel, causado por Cantidad total de aeropuertos locales por nivel 1.

- Total de puertos secundarios por nivel 1 es un efecto indirecto de Longitud total de pistas en metros por nivel 1 y Cantidad total de aeropuertos internacional por nivel, causado por Cantidad total de aeropuertos locales por nivel 1.
- Total de puertos locales por nivel 1 es un efecto indirecto de Cantidad total de aeropuertos locales por nivel 1, Cantidad total de vuelos desde el aeropuerto Gelabert hacia las unidades territoriales por nivel 1 en el 2005 y Cantidad total de vuelos desde el aeropuerto Gelabert hacia las unidades territoriales por nivel 1 en el 2010 causado por Total de puertos secundarios por nivel 1
- Total de puertos de carga general por nivel 1 es un efecto indirecto de es un efecto indirecto de Cantidad total de aeropuertos locales por nivel 1, Cantidad total de vuelos desde el aeropuerto Gelabert hacia las unidades territoriales por nivel 1 en el 2005 y Cantidad total de vuelos desde el aeropuerto Gelabert hacia las unidades territoriales por nivel 1 en el 2010 causado por Total de puertos secundarios por nivel 1
- Total de puertos de contenedores por nivel 1 es un efecto indirecto de es un

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

efecto indirecto de Cantidad total de aeropuertos locales por nivel 1, Cantidad total de vuelos desde el aeropuerto Gelabert hacia las unidades territoriales por nivel 1 en el 2005 y Cantidad total de vuelos desde el aeropuerto Gelabert hacia las unidades territoriales por nivel 1 en el 2010 causado por Total de puertos secundarios por nivel 1

- Largo total de muelles para contenedores en metros de puertos principales por nivel 1 es un efecto indirecto de Total de puertos de contenedores por nivel 1 y Total de puertos ro-ro por nivel 1 causado por Total de puertos principales por nivel 1

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

6.4.5.2 Segundo análisis de las relaciones de las variables en la tercera red bayesiana

El segundo análisis de las relaciones de las variables en la tercera red corresponde al **segundo sector** estudiado de la tercera red, y que se muestra en la Figura 6.32.

Los nombres de las variables correspondientes a la Figura 6.32 se muestran a continuación la Tabla 6.17, y la descripción de cada variable se encuentra en el Anexo A.

Figura 6.32: Segundo sector estudiado de la tercera red

Fuente: Elaboración propia.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

Tabla 6.17: Segundo análisis de las relaciones de variables de la tercera red bayesiana (Parte A)

id_variable	Nombre variable
3	01_pob_division2
4	01_pob_division3
6	01_pob_2010_nivel2
29	02_area_total_nivel2
41	03_carreteras_red_primaria_nivel2
167	10_pib_agro_ganaderia_silvicultura_pib2011

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 6.33, se muestra una conexión divergente, presente este análisis con relación a la variable 3 como Padre, y al resto de variables como hijos de acuerdo a la Tabla 6.17. En esta figura, A y C son independientes dado B.

Figura 6.33: Relación entre variables dentro de la red bayesiana (conexión divergente)

Fuente: Elaboración propia.

La variable 3, Nivel intermedio de división territorial (68 unidades territoriales), es padre de las variables 4, 6, 29, 41, 55 y 167 (Nivel máximo de división territorial (15 unidades territoriales Población total del nivel 2 en el 2010, Densidad de población nivel 2 en el 2010, Longitud total de carretera de red primaria en kilómetros

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

cuadrados por nivel 2 y PIB Agro y ganadería y silvicultura por provincia 2011)

Por lo tanto la variable 3 Nivel intermedio de división territorial (68 unidades territoriales), tiene efectos comunes en 4, 6, 29, 41, 55 y 167 (Nivel máximo de división territorial (15 unidades territoriales), Población total del nivel 2 en el 2010, Densidad de población nivel 2 en el 2010, Longitud total de carretera de red primaria en kilómetros cuadrados por nivel 2 y PIB Agro y ganadería y silvicultura por provincia 2011). Cuando la variable , Nivel intermedio de división territorial (68 unidades territoriales) es dado, las variables, 4, 6, 29, 41, 55 y 167 (Nivel máximo de división territorial (15 unidades territoriales), Población total del nivel 2 en el 2010, Densidad de población nivel 2 en el 2010, Longitud total de carretera de red primaria en kilómetros cuadrados por nivel 2 y PIB Agro y ganadería y silvicultura por provincia 2011) son condicionalmente independientes. De este modo, conocer el valor del padre común (variable 0) cierra la comunicación entre los hijos (variables, 4, 6, 29, 41, 55 y 167).

Nivel intermedio de división territorial (68 unidades territoriales), tiene efectos comunes en 4, 6, 29, 41, 55 y 167 (Nivel máximo de división territorial (15 unidades territoriales), Población total del nivel 2 en el 2010, Densidad de población nivel 2 en el 2010, Longitud total de carretera de red primaria en kilómetros cuadrados por nivel 2 y PIB Agro y ganadería y silvicultura por provincia 2011).

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

Las variable 3, Nivel intermedio de división territorial (68 unidades territoriales), la 4 Nivel máximo de división territorial (15 unidades territoriales) y todos los hijos de la variable 4 Presentan una relación del tipo **cola - con cabeza**, mostrado en la Figura 6.34.

Figura 6.34: Relación entre variables dentro de la red bayesiana (conexión cola- con cabeza)
Fuente: Elaboración propia.

En la red obtenida, la variable 4 Nivel máximo de división territorial (15 unidades territoriales) depende de 3 Nivel intermedio de división territorial (68 unidades territoriales) y la variable “cualquier hijo de 4” depende del valor de 4 Nivel máximo de división territorial (15 unidades territoriales). Así, cuando sabemos algo sobre Nivel intermedio de división territorial (68 unidades territoriales) podemos modificar nuestra creencia sobre el estado de Nivel máximo de división territorial (15 unidades territoriales) y esta información se propagará hasta cualquier hijo de 4. Sin embargo, si encontramos una evidencia sobre Nivel máximo de división territorial (15 unidades territoriales), añadir evidencias sobre cualquier hijo de 4 no alterará nuestro conocimiento sobre Nivel intermedio de división territorial (68 unidades territoriales) y viceversa. En este caso decimos que Nivel intermedio de división territorial (68 unidades territoriales) y cualquier

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

hijo de Nivel intermedio de división territorial (68 unidades territoriales) son condicionalmente independientes dado Nivel máximo de división territorial (15 unidades territoriales).

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

La misma relación **conexiones divergentes** que aparece y se describe en la sección anterior se presenta en las las variables descritas en la Tabla 6.18.

Tabla 6.18: Segundo análisis de las relaciones de variables de la tercera red

id_variable	Nombre variable
6	01_pob_2010_nivel2
7	01_pob_2010_nivel3
8	01_pob_2010_provincia
11	01_pob_densidad2010_nivel3
12	01_pob_hombre2010_nivel1
30	02_area_total_nivel3
36	02_areas_protegidas_nivel3
40	03_carreteras_red_primaria_nivel1
54	04_aeropuertos_longitud_pista_nivel1
55	04_aeropuertos_longitud_pista_nivel2
56	04_aeropuertos_longitud_pista_nivel3

Fuente: Elaboración propia.

La variable Nivel máximo de división territorial (15 unidades territoriales), es padre de las variables 6, 7, 8, 11, 12 30, 36, 40, 54, 55, 56. Por lo tanto la Nivel máximo de división territorial (15 unidades territoriales),, tiene efectos comunes en las variables 6, 7, 8, 11, 12 30, 36, 40, 54, 55, 56.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

6.4.5.3 Tercer análisis de las relaciones de las variables en la tercera red bayesiana

La Figura 6.35 muestra el **tercer sector** estudiado de la tercera red.

Figura 6.35: Tercer sector estudiado de la tercera red
Fuente: Elaboración propia.

A continuación se muestra en la Tabla 6.19, las relaciones **Padre : causa** e **Hijo : efecto** para la variable 7 01_pob_2010_nivel3, que describe la población total de personas según el censo de 2010 de la República de Panamá.

Tabla 6.19: Tercer análisis de las relaciones de variables de la tercera red

id_variable	Nombre variable	Padre : causa	Hijo : efecto
7	01_pob_2010_nivel3	4, 6	8, 11, 30, 36, 39, 41, 43

Fuente: Elaboración propia.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

6.4.5.4 Cuarto análisis de las relaciones de las variables en la tercera red bayesiana

La Figura 6.36 muestra el **cuarto sector** estudiado de la tercera red.

Figura 6.36: Cuarto sector estudiado de la tercera red
Fuente: Resultados de la investigación

A continuación se muestra en la Tabla 6.20, las relaciones **Padre : causa** e **Hijo : efecto** para la variable 11 01_pob_densidad2010_nivel3, que describe la densidad de población total de personas según el censo de 2010 de la República de Panamá.

Tabla 6.20: Cuarto análisis de las relaciones de variables de la tercera red

id_variable	Nombre variable	Padre : causa	Hijo : efecto
11	01_pob_densidad2010_nivel3	4, 7	16, 29, 36, 42 55, 56, 166

Fuente: Elaboración propia.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

6.4.5.5 Quinto análisis de las relaciones de las variables en la tercera red bayesiana

La Figura 6.37 muestra el **quinto sector** estudiado de la tercera red.

Figura 6.37: Quinto sector estudiado de la tercera red
Fuente: Elaboración propia.

A continuación se muestra en la Tabla 6.21, las relaciones **Padre : causa** e **Hijo : efecto** para la variable 30 02_area_total_nivel3, que describe el área total por kilómetro cuadrado de cada una de las unidades territoriales correspondientes al nivel 3 de planificación.

Tabla 6.21: Quinto análisis de las relaciones de variables de la tercera red

id_variable	Nombre variable	Padre : causa	Hijo : efecto
30	02_area_total_nivel3	4, 7	36, 37, 39, 40 54, 56

Fuente: Elaboración propia.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

6.4.5.6 Sexto análisis de las relaciones de las variables en la tercera red bayesiana

La Figura 6.38 muestra el **sexto sector** estudiado de la tercera red.

Figura 6.38: Sexto sector estudiado de la tercera red

Fuente:

A continuación se muestra en la Tabla 6.22, las relaciones **Padre : causa** e **Hijo : efecto** para la variable 36 02_areas_protegidas_nivel3, que describe el área total protegida por kilómetro cuadrado de cada una de las unidades territoriales correspondientes al nivel 3 de planificación.

Tabla 6.22: Sexto análisis de las relaciones de variables de la tercera red

id_variable	Nombre variable	Padre : <i>causa</i>	Hijo : <i>efecto</i>
36	02_areas_protegidas_nivel3	4, 7 11, 30	39, 40, 42 44, 45

Fuente: Elaboración propia.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

6.4.5.7 Séptimo análisis de las relaciones de las variables en la tercera red bayesiana

La Figura 6.39 muestra el **séptimo sector** estudiado de la tercera red.

Figura 6.39: Séptimo sector estudiado de la tercera red

Fuente: Resultados de la investigación.

A continuación se muestra en la Tabla 6.23, las relaciones **Padre : causa** e **Hijo : efecto** para la variable 39 02_area_planificable_nivel3, que describe el área total planificable por kilómetro cuadrado de cada una de las unidades territoriales correspondientes al nivel 3 de planificación.

Tabla 6.23: Séptimo análisis de las relaciones de variables de la tercera red

id_variable	Nombre variable	Padre : causa	Hijo : efecto
39	02_area_planificable_nivel3	4, 30, 36	41, 54, 56

Fuente: Elaboración propia.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

6.4.5.8 Octavo análisis de las relaciones de las variables en la tercera red bayesiana

La Figura 6.40 muestra el **octavo sector** estudiado de la tercera red.

Figura 6.40: Octavo sector estudiado de la tercera red

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se muestra en la Tabla 6.24, las relaciones **Padre : causa** e **Hijo : efecto** para la variables 40, 41, 42, 43, 44 y 45 que describen tanto la red primaria como secundaria de carretera por kilómetro, a diferentes niveles de planificación.

Tabla 6.24: Octavo análisis de las relaciones de variables de la tercera red

id_variable	Nombre variable	Padre : <i>causa</i>	Hijo : <i>efecto</i>
40	03_carreteras_red_primaria_nivel1	4, 8, 19, 30, 36	44, 164
41	03_carreteras_red_primaria_nivel2	3, 6, 7, 39	45
42	03_carreteras_red_primaria_nivel3	11, 36	44, 45, 59
43	03_carreteras_red_primaria_por_provincia	7, 8	56, 167
44	03_carreteras_red_secundaria_nivel1	36, 40, 42	
45	03_carreteras_red_secundaria_nivel2	36, 41, 42	

Fuente: Elaboración propia.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

demográficas como socio-económicas de la población de la República de Panamá, a diferentes niveles de planificación.

Tabla 6.25: Noveno análisis de las relaciones de variables de la tercera red

id_variable	Nombre variable	Padre : <i>causa</i>	Hijo : <i>efecto</i>
10	01_pob_densidad2010_nivel2	6, 10	12, 27 29, 164
11	01_pob_densidad2010_nivel3	4, 7	16, 29, 36, 42 55, 56, 166
12	01_pob_hombre2010_nivel1	4, 6	10, 13, 16
13	01_pob_mujeres2010_nivel1	12	19
16	01_pob_tercero_primaria2010_nivel1	11, 12	18
18	01_pob_actividades_agro2010_nivel1	6, 16	28, 195
19	01_pob_desocupados2010_nivel1	13	27, 40

Fuente: Elaboración propia.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

6.4.5.10 Décimo análisis de las relaciones de las variables en la tercera red bayesiana

La Figura 6.42 muestra el **décimo sector** estudiado de la tercera red.

Figura 6.42: Décimo sector estudiado de la tercera red

Fuente: Resultados de la investigación.

A continuación se muestra en la Tabla 6.26, las relaciones **Padre : causa** e **Hijo : efecto** para las variables 28, 29, 30, 36, 37, 39 que describen variables de áreas totales, planificables y protegidas por kilómetro cuadrado de la República de Panamá, a diferentes niveles de planificación.

Tabla 6.26: Décimo análisis de las relaciones de variables de la tercera red

id_variable	Nombre variable	Padre : causa	Hijo : efecto
28	02_area_total_nivel1	18, 27	37
29	02_area_total_nivel2	3, 10 11	
30	02_area_total_nivel3	4, 7	36, 37, 39 40, 54, 56
36	02_areas_protegidas_nivel3	6, 7, 11, 30	40, 42, 44, 45
37	02_area_planificable_nivel1	28, 30	
39	02_area_planificable_nivel3	7, 30 36	41, 54, 56

Fuente: Elaboración propia.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

6.4.5.11 Undécimo análisis de las relaciones de las variables en la tercera red bayesiana

La Figura 6.43 muestra el **undécimo sector** estudiado de la tercera red.

Figura 6.43: Undécimo sector estudiado de la tercera red

Fuente: Resultados de la investigación

A continuación se muestra en la Tabla 6.27, las relaciones **Padre : causa** e **Hijo : efecto** para la variables 54, 55, 56, 59 que describen variables aeroportuarias de la República de Panamá, a diferentes niveles de planificación.

Tabla 6.27: Undécimo análisis de las relaciones de variables de la tercera red

id_variable	Nombre variable	Padre : <i>causa</i>	Hijo : <i>efecto</i>
54	04_aeropuertos_longitud_pista_nivel1	4, 30 39	55
55	04_aeropuertos_longitud_pista_nivel2	3, 4, 11, 54	
56	04_aeropuertos_longitud_pista_nivel3	4, 11, 30, 39, 43	59
59	04_aeropuertos_longitud_pista_porarea_nivel3	42, 56	

Fuente: Elaboración propia.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

6.4.5.12 Duodécimo análisis de las relaciones de las variables en la tercera red bayesiana

A continuación se muestra en la Tabla 6.28, las relaciones **Padre : causa** e **Hijo : efecto** para las variables 164, 166, 167, 175, 191, 195 que describen variables del Producto Interior Bruto de la República de Panamá, a diferentes niveles de planificación.

Tabla 6.28: Duodécimo análisis de las relaciones de variables de la tercera red

id_variable	Nombre variable	Padre : <i>causa</i>	Hijo : <i>efecto</i>
164	10_pib_density_pib2011_nivel1	10, 40	
166	10_pib_density_pib2011_nivel3	11	175, 191
167	10_pib_agro_ganaderia_silvicultura_pib2011	3, 43	195
175	10_pib_minas_canteras_pib2011	8, 166	191, 195
191	10_pib_comercio_mayor_menor_pib2011	166, 175	
195	10_pib_hoteles_y_restaurantes_pib2011	8, 18 167, 175	

Fuente: Elaboración propia.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

6.4.5.13 Decimotercer análisis de las relaciones de las variables en la tercera red bayesiana.

A continuación se analizan las relaciones entre variables mostradas en la Figura 6.44 que muestra las conexiones en la red bayesiana de las variables 3, 4, 6, 7, 8, 10 y 11, y que explican los niveles de planificación, población y densidad de población en la República de Panamá (ver Tabla 6.29).

Figura 6.44: Análisis de las conexiones entre las variables 3, 4, 6, 7, 8, 10 y 11

Fuente: Resultados de la investigación

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

Tabla 6.29: Decimotercer análisis de las relaciones de variables de la tercera red

id_variable	Nombre variable
3	01_pob_division2
4	01_pob_division3
6	01_pob_2010_nivel2
7	01_pob_2010_nivel3
8	01_pob_2010_provincia
10	01_pob_densidad2010_nivel2
11	01_pob_densidad2010_nivel3

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 6.44 se presenta entre algunas de sus variables la relación **cabeza con cabeza** mostrada en la Figura 6.45.

Figura 6.45: Conexión cabeza con cabeza

Fuente: Elaboración propia.

En este tipo de estructura se dice que los enlaces convergen cabeza con-cabeza en A. Conocer el valor del hijo común (A) abre la comunicación entre los padres (B y C), ya que conocer el valor de un padre cambia las probabilidades del otro. Este tipo de relación se presenta en las variables descritas en la Tabla 6.30.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

Tabla 6.30: Decimotercer análisis de las relaciones de variables de la tercera red -
Tabla para cabeza con cabeza

A	B	C
7	4	6
8	4	7
10	6	8
11	4	7

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 6.44 se presenta entre algunas de sus variables la relación **conexión divergente** mostrada en la Figura 6.46.

Figura 6.46: Conexión divergente

Fuente: Elaboración propia.

En las conexiones divergentes, también conocidas como clasificadores ingenuos de Bayes, tenemos un nodo padre (o clase) que proyecta sus arcos sobre varios hijos. Este tipo de relación se presenta en las variables descritas en la Tabla 6.31. Cuando no conocemos el estado de la variable madre existe dependencia entre las variables hijas. Sin embargo, cuando el estado de esta variable se conoce, las evidencias sobre

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

las variables hijas no se propagarán entre ellas. En nuestro ejemplo diremos que A y C son independientes dado B.

Tabla 6.31: Decimotercer análisis de las relaciones de variables de la tercera red - Tabla para conexión divergente

A	B	C
4	3	6
7	4	8
7	4	11
8	4	11
7	6	10
8	7	11

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 6.44 se presenta entre algunas de sus variables la relación **cola - con cabeza** mostrada en la Figura 6.47.

Figura 6.47: Conexión cola - con cabeza

Fuente: Elaboración propia.

En este tipo de estructura se dice que los enlaces convergen cola-concabeza en B. Al conocer el valor de B, se cierra la comunicación entre el padre de B y el hijo de B. Una variable ya no nos aporta información sobre otra. Los sistemas que presentan este comportamiento se dice que tienen la propiedad de Markov, que dice que, dado el presente, el futuro es independiente del pasado. En la estructura

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

cola-concabeza, la comunicación entre los nodos raíz y hoja está abierta, y se cierra al conocer el valor del nodo intermedio. Este tipo de relación se presenta en las variables descritas en la Tabla 6.32.

Tabla 6.32: Decimotercer análisis de las relaciones de variables de la tercera red -
Tabla para cola con cabeza

A	B	C
3	6	7
3	6	10
3	4	7
3	4	11
4	7	8
4	7	11
4	8	10
7	8	10

Fuente: Elaboración propia.

Otro tipo de relación que se presenta en la Figura 6.44 es la mostrada en la Figura 6.48.

Donde se dice que D es un efecto indirecto de A y B causado por C. Este tipo de relación se presenta en las variables descritas en la Tabla 6.33.

Tabla 6.33: Decimotercer análisis de las relaciones de variables de la tercera red - D
es un efecto indirecto de A y B causado por C

A	B	C	D
4	6	7	8
4	6	7	11
4	7	8	10

Figura 6.48: D es un efecto indirecto de A y B causado por C

Fuente: Elaboración propia.

Fuente: Elaboración propia.

6.4.5.14 Resultados de la Inferencia

A continuación, en la Tabla B.1 del Anexo B se muestra la inferencia a priori de la tercera red.

Se va a estudiar qué ocurre si se tiene información a priori sobre variables relacionadas con el PIB, para las variables del PIB

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

Tabla 6.34: Tabla de inferencia 2.

id_variable	Nombre	Descripción	Padre : Causa	Hijo : Efecto
164	10_pib_density_pib2011_nivel1	Densidad del PIB 2011 por nivel 1 en millones de dólares por kilómetro cuadrado	10, 40, 88	
166	10_pib_density_pib2011_nivel3	Densidad del PIB 2011 por nivel 3 en millones de dólares por kilómetro cuadrado	11	175, 191

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6.35: Tabla de inferencia 3.

id_variable	Nombre	P25	P75
164	10_pib_density_pib2011_nivel1	2,102	25,693
166	10_pib_density_pib2011_nivel3	1,4638	4,2325

Fuente: Elaboración propia.

Si 164 y 166 están en el estrato s1, entonces:

- 164 menor de 2,102 millones de dólares por kilómetro cuadrado
- 166 menor de 1,463 millones de dólares por kilómetro cuadrado

Figura 6.49: Inferencia de las variables 164 y 166 para el estrato S1

Fuente: Captura de imagen del programa ELVIRA

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

Con estas circunstancias:

La variable *s40* (03_carreteras_red_primaria_nivel1), longitud total de kilómetros de carretera de red primaria en el nivel 1, no adoptará un valor claro, 30 % probabilidad de estar en su estrato *s1*, 28 % de estar en su estrato *s4*, 21 % de estar en su estrato *s2* o *s3*

La variable *s88* (05.1_principalports_container_berths_lengths), largo total de muelles para contenedores en metros de los puertos principales por nivel 1, con un 98 % de probabilidad estará en su estrato *s1*, lo que representa que más probable es que las unidades territoriales no dispongan de puertos y por tanto de longitud de atraque.

Respecto a la variable *s11* (01_pob_densidad2010_nivel3), densidad de población en el nivel 3 en el 2010, con un 95 % de probabilidad estará en su estrato *s1*, su valor será menor de 161,793 personas por kilometro cuadrado.

La variable *s175* (10_pib_minas_canteras_pib2011), PIB minas y canteras por provincia 2011, con un 87 % estará en su estrato *s1*, con valores menores de 6,479 millones de dólares.

La variable *s191* (10_pib_comercio_mayor_menor_pib2011), PIB comercio mayor y menor por provincia 2011, con un 85 % estará en su estrato *s1*, menor de 60,253 millones de dólares.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

Otro dato a destacar es que la variable s8 (01_pob_2010_provincia), población total del nivel 3 en el 2010, con un 80 % de probabilidad estará en su estrato s1, por lo que su valor será menor de 228 921 personas con un 80 % de probabilidad.

En la Tabla 6.36, se muestra los valores que asumen otras variables en la red, con estas circunstancias.

Tabla 6.36: Tabla de inferencia 4.

id _variable	Nombre	Descripción	Unidad	Probabilidad estrato s1	Valor estrato s1 menor de
60	04_aeropuertos _cantidad _Internacional	Cantidad total de aeropuertos internacional por nivel 1	cada uno	99 %	0 (no tiene aeropuerto)
61	04_aeropuertos _cantidad _local	Cantidad total de aeropuertos locales por nivel 1	cada uno	63 %	0 (no tiene aeropuerto)
62	04_aeropuertos _year2005 _vuelosgelabert	Cantidad total de vuelos desde el aeropuerto Gelabert hacia las unidades territoriales por nivel 1 en el 2005	cada uno	82 %	0 (no tiene aeropuerto)
63	04_aeropuertos _year2006 _vuelosgelabert	Cantidad total de vuelos desde el aeropuerto Gelabert hacia las unidades territoriales por nivel 1 en el 2006	cada uno	82 %	0 (no tiene aeropuerto)
67	04_aeropuertos	Cantidad total de	cada	86 %	0

Sigue en la página siguiente.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

Tabla 6.36 – Continúa desde la página previa

id _variable	Nombre	Descripción	Unidad	Probabilidad estrato s1	Valor estrato s1 menor de
	_year2010 _vuelosgelabert	vuelos desde el aeropuerto Gelabert hacia las unidades territoriales por nivel 1 en el 2010	uno		(no tiene aeropuerto)
68	05_ports _totalsecondary	Total de puertos secundarios por nivel 1	cada uno	81 %	0 (no tiene puerto)
69	05_ports _containers	Total de puertos de contenedores por nivel 1	cada uno	95 %	0 (no tiene puerto)
70	05_ports_local	Total de puertos locales por nivel 1	cada uno	87 %	0 (no tiene puerto)
71	05_ports _general_cargo	Total de puertos de carga general por nivel 1	cada uno	83 %	0 (no tiene puerto)
73	05_ports_roro	Total de puertos ro-ro por nivel 1	cada uno	97 %	0 (no tiene puerto)
76	05.1_principalports _total	Total de puertos principales	cada uno	97 %	0 (no tiene

Sigue en la página siguiente.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

Tabla 6.36 – Continúa desde la página previa

id _variable	Nombre	Descripción	Unidad	Probabilidad estrato s1	Valor estrato s1 menor de
		por nivel 1			puerto)

Fuente: Elaboración propia.

Si 164 y 166 están en el estrato s4, entonces:

- S164 mayor que 25,693 millones de dólares por kilómetro cuadrado
- S166 mayor que 4,232 millones de dólares por kilómetro cuadrado

Figura 6.50: Inferencia de las variables 164 y 166 para el estrato S4
Fuente: Captura de imagen del programa ELVIRA

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

Con estas circunstancias:

La variable *s40* (03_carreteras_red_primaria_nivel1), longitud total de carretera de red primaria en kilómetros por nivel 1, no adoptará un valor claro, 46 % probabilidad de estar en su estrato *s4* y 44 % de estar en su *s3*, por lo tanto la probabilidad de adoptar un valor mayor de 23,175 kilómetros.

La variable *s88* (05.1_principalports_container_berths_lengths), largo total de muelles para contenedores en metros de puertos principales por nivel 1, con un 98 % de probabilidad estará en su estrato *s1*, lo que representa que más probable es que las unidades territoriales no dispongan de puertos y por tanto de longitud de atraque.

Respecto a la variable *s11* (01_pob_densidad2010_nivel3), densidad de población en el nivel 3 en el 2010, con un 97 % de probabilidad estará en su estrato *s4*, su valor será mayor que 847,3291 personas por kilómetro cuadrado.

La variable *s175* (10_pib_minas_canteras_pib2011), PIB minas y canteras por provincia en el 2011, con un 87 % estará en su estrato *s2*, solo se presenta en 2 estratos y *s2* corresponde a valores mayores que 288,701 millones de dólares.

6.4 Resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

La variable s191 (10_pib_comercio_mayor_menor_pib2011), PIB comercio mayor y menor por provincia en el 2011, con un 92 % estará en su estrato s2, que adopta valores entre 60,253 y 1337,700 millones de dólares.

En la Tabla 6.36, se muestran variables que presentan probabilidades superiores al 85 % en algunos de sus estratos de discretización.

Tabla 6.37: Tabla de inferencia 5.

Variable en la red	Estrato más probable	Probabilidad	Valor del estrato
S6	S4	86 %	Mayor que 202 190 Personas
S7	S4	91 %	Mayor que 445 449 Personas
S8	S2	92 %	Entre 228 921 Y 1 713 070 Personas
S10	S4	86 %	Mayor que 55,683 Personas por kilómetro cuadrado
S30	S1	86 %	Menor que 246,400 kilómetro cuadrado
S167	S2	88 %	Entre 73,107 Y 109,381 Millones de dólares
S195	S2	87 %	Mayor que

Sigue en la página siguiente.

Tabla 6.37 – Continua desde la página previa

Variable en la red	Estrato más probable	Probabilidad	Valor del estrato
			26,022 Millones de dólares

Fuente: Elaboración propia.

6.5 Fase 3: Conclusiones

El Capítulo 8 - Conclusiones, (páginas 266 a 272), muestra las conclusiones obtenidas una vez analizados y discutidos los resultados de la investigación.

Discusión de Resultados

7.1 Introducción

Tal como se indica en el punto 6.1 del capítulo 6, a partir de la aplicación de la metodología propuesta en el capítulo 4 se realizó la investigación objeto de la presente tesis doctoral, para lo cual se construyeron dos modelos de inteligencia artificial a partir de una serie de datos común, con un total de 253 variables: poblacionales, económicas, ambientales y de nodos e infraestructuras logísticas (ver anexo A), correspondientes al caso de estudio descrito en el capítulo 5: la República de Panamá. Los resultados de la investigación se exponen en el capítulo 6, y la discusión de los mismos se presenta a continuación en este capítulo.

7.2 Discusión de los resultados de la Fase1: Determinación del escenario de trabajo

A continuación se discuten los resultados de la determinación del escenario de trabajo expuestos en el punto 6.2 del capítulo 6, que incluye la discusión de los resultados de la revisión del estado del arte, la discusión de los resultados de la determinación y obtención de las variables de estudio y la discusión e los resultados de la determinación de los niveles de planificación.

7.2.1 Discusión de los resultados de la revisión del estado del arte

Tal como se indicó en el punto 6.2.1 del capítulo 6, los resultados de la revisión del estado del arte se plasman en el capítulo 3 donde se aborda el estado del conocimiento sobre la planificación territorial, la minería de datos, los árboles de decisión y las redes bayesianas y su aplicación a la planificación territorial.

7.2.2 Discusión de los resultados de la determinación y obtención de las variables de estudio

Tal como se indicó en el punto 6.2.2 del capítulo 6, se determinaron las variables de estudio, además de los nodos e infraestructuras logísticas que forman parte del estudio y para los cuales se obtuvieron el valor de todas las variables. El resultado de la determinación y obtención de las variables se muestra en el Anexo A.

7.2 Discusión de los resultados de la Fase1: Determinación del escenario de trabajo

La caracterización de las variables en variables poblacionales (anexo A.1 página 300), variables ambientales (Anexo A.2), variables de nodos e infraestructuras logísticas (Anexo A.3) y variables económicas (Anexo A.4) permitió realizar una captura y revisión de los datos de manera ordenada, además de considerar en el modelo los aspectos de una ordenación del territorio sostenible.

7.2.3 Discusión de los resultados de la determinación de los niveles de planificación

Tal como se indicó en el punto 6.2.2 del capítulo 6, se determinó los niveles de planificación a los cuales se relacionaron los valores de las variables de estudio.

La figura 6.1 muestra los cuatro niveles de planificación considerados en el estudio, de acuerdo a las características socio-políticas de la República de Panamá, siendo estos niveles de planificación los siguientes: nivel 1, que corresponde a los corregimientos de las Provincias de Panamá, Panamá Oeste y Colón, y los Distritos del resto del país; nivel 2, que corresponde a los Distritos de la República de Panamá, como la unidad político-administrativa intermedia; nivel 3, que corresponde a la máxima extensión territorial ó máxima división politico-administrativa dentro de la República de Panamá. Las Provincias de Bocas del Toro, Coclé, Colón, Chiriquí, Herrera, Darien, Los Santos, Panamá, Panamá Oeste, Veraguas y las Comarcas Indígenas; nivel 4, que corresponde a todo

7.3 Discusión de los resultados de la Fase 2 (Parte A): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de los árboles de decisión

la República de Panamá.

Tal como se indicó en el punto 6.2.2 del capítulo 6, de cada una de estas unidades territoriales, se obtuvo información de las variables poblacionales, económicas, ambientales y de nodos e infraestructuras logísticas que previamente fueron seleccionadas.

Los resultados expuestos en el capítulo 6 muestran que es necesario considerar diferentes niveles de planificación, de acuerdo a la variable objetivo a planificar.

7.3 Discusión de los resultados de la Fase 2 (Parte A): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de los árboles de decisión

A continuación se discuten los resultados detallados en la sección 6.3 del capítulo 6, de la construcción de los árboles de decisión tanto para la clasificación territorial en grupos logísticos, como para distintas variables objetivos.

7.3.1 Discusión de los resultados de la construcción del árbol de decisión para la clasificación territorial en grupos logísticos

El árbol de decisión mostrado en la Figura 6.2 de la sección 6.3.1 ha clasificado en grupos logísticos las unidades territoriales que conforman la República de Panamá usando las variables de predicción de una manera precisa y practica. Cada

7.3 Discusión de los resultados de la Fase 2 (Parte A): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de los árboles de decisión

grupo logístico mostrado en la Figura 6.3 ha sido caracterizado por una variable de predicción que permite diferenciar un grupo de otro.

De acuerdo al árbol de decisión construido la influencia del Canal de Panamá es la variable de predicción principal que caracteriza las áreas logísticas. Las unidades territoriales bajo la influencia de el Canal de Panamá han concentrado la mayoría de las actividades logísticas. Los puertos de contenedores están localizados a la entrada tanto atlántica como pacífica del Canal de Panamá. Las zonas económicas especiales han sido desarrolladas próximas a esta vía interoceánica. El ferrocarril de Panamá continua en funcionamiento debido a la influencia del Canal y ha sido adaptado para brindar principalmente servicios a los puertos de contenedores. Otras características logísticas, como el establecimiento del Aeropuerto Internacional de Tocumen, el alto índice de longitud de red primaria de carreteras por área territorial y la concentración del PIB total en estas unidades territoriales responden a la alta densidad de población que caracteriza este grupo logístico.

El resto del país puede ser dividido en grupos logísticos caracterizados principalmente por la falta de influencia del Canal de Panamá. En estos casos la segunda y tercera variable de predicción, respectivamente, es el índice de longitud de red primaria de carretera por área territorial y el valor del Producto Interior Bruto. Estas unidades territoriales que no se ven influenciadas por el Canal de Panamá, tienen como característica que las actividades de transporte,

7.3 Discusión de los resultados de la Fase 2 (Parte A): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de los árboles de decisión

almacenamiento y comunicación se desarrollan más en aquellas unidades territoriales con un índice mayor de longitud de red primaria de carreteras por área territorial. El análisis también indica que las unidades territoriales especializadas en agricultura y ganadería están caracterizadas por un bajo índice longitud de red primaria de carreteras por área territorial. Las unidades territoriales con una gran extensión de áreas protegidas – como es el caso de la provincia del Darién – presentan un alto índice longitud de pista de aterrizaje por área territorial como resultado de pobre vertebración del territorio.

7.3.2 Discusión de los resultados de la construcción del árbol de decisión para la variable objetivo: Distribución de la Densidad del Producto Interior Bruto con relación a los nodos e infraestructuras logísticas.

El árbol de decisión mostrado en la Figura 6.4 de la sección 6.3.2 ha clasificado el territorio de la República de Panamá en zonas de acuerdo a la variable objetivo densidad del PIB usando las variables de predicción de una manera precisa. Cada zona ha sido caracterizada por una variable de predicción que permite diferenciar un grupo de otro.

El análisis de la actividad económica usando la densidad del PIB, en vez del PIB provincial, ha permitido una optimización de los resultados.

7.3 Discusión de los resultados de la Fase 2 (Parte A): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de los árboles de decisión

La planificación territorial de la República de Panamá debe considerar al menos tres macro-zonas, de acuerdo a la Figura 6.5:

- Macro-zona A: zona 1,
- Macro-zona B: zonas 2, 3, 4, 5 y
- Macro-zona C: zona 6.

Las políticas a aplicar, con relación al desarrollo de los nodos logísticos en la macro-zona A se ven diferencias con relación a la macro-zona B por la influencia del Canal de Panamá.

La planificación del uso del suelo de la macro-zona C, corresponde por una parte a la preservación de las áreas protegidas, y por otra a la integración de las Comarcas al resto del territorio de la República de Panamá. En esta macro-zona, el alto índice longitud de pista de aterrizaje por área territorial es resultado de la pobre vertebración del territorio.

7.3.3 Discusión de los resultados de la Construcción del Árbol de Decisión para la variable objetivo: Distribución de la actividad económica “transporte, almacenamiento y comunicaciones”

Para la actividad económica “transporte, almacenamiento y comunicaciones” (GDP_T.D) de acuerdo al árbol de decisión mostrado en la Figura 6.6 de la

7.3 Discusión de los resultados de la Fase 2 (Parte A): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de los árboles de decisión

sección 6.3.3 la principal variable de predicción que explica su distribución es la Influencia del Canal de Panamá.

La distribución de la variable GDP_T_D muestra estar directamente relacionada con el desarrollo de la red primaria y secundaria de carretera.

7.3.4 Discusión de los resultados de la Construcción del Árbol de Decisión para la variable objetivo: Red de carretera primaria y secundaria

El algoritmo arboles de decisión ha estimado valores representativos de **PRNA** [red primaria de carretera por área (kilometro por kilometro cuadrado)] (ver Figura 6.8) y de **SRNA**, [red secundaria de carretera por área (kilometro por kilometro cuadrado)] (ver figura 6.9) de la sección 6.3.4, de acuerdo a diferentes rangos de **GDP** [Producto Interior Bruto en millones de dólares americanos] de manera concisa.

El indice PRNA está directamente relacionado con el GDP. Las unidades territoriales con el mayor GDP tienen el mayor indice de PRNA y por tanto una mejor vertebración del territorio. El GDP decrece si el indice PRNA decrece. Las unidades territoriales con un menor GDP y un menor PRNA, su variable de predicción es el indice de **RLGA** [Longitud de pista para aviación general por área (metro por kilometro cuadrado)].

7.3 Discusión de los resultados de la Fase 2 (Parte A): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de los árboles de decisión

Un alto índice de RLGA en la República de Panamá está directamente relacionado con un bajo índice de PRNA y por lo tanto una pobre vertebración del territorio en estas áreas.

El índice SRNA está directamente relacionado con el GDP y el índice PRNA. Cuando el índice SRNA aumenta, el GDP decrece. Esta condición explica que cuando la red primaria de carretera está mas desarrollada en una unidad territorial su red secundaria es menos necesaria.

7.3.5 Discusión de los resultados de la Construcción del Árbol de Decisión para la variable objetivo: Densidad de la población con relación a los nodos e infraestructuras logísticas.

El árbol de decisión construido mostrado en la Figura 6.10 de la sección 6.3.5 para la variable **Density** (Densidad de Población) ha escogido tres variables de predicción que explican la distribución de la población en el país de acuerdo al desarrollo y distribución de los nodos e infraestructuras logísticas.

La variable de predicción Influencia del Canal de Panamá escogida por el árbol de decisión es la principal variable y permite a los planificadores territoriales dividir al país, al menos, en dos zonas principales: la primera bajo la influencia del Canal de Panamá y la segunda sin la Influencia del Canal de Panamá con un desarrollo logístico inferior.

7.4 Discusión de los resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

A continuación se discuten los resultados detallados en la sección 6.4 del capítulo 6, de la construcción de la red bayesiana, tanto en su aspecto cualitativo como estructura gráfica que describe las posibles variables y sus dependencias entre ellas, como en su aspecto cuantitativo compuesto por probabilidades condicionadas y las relaciones causa efecto entre los nodos que la conforman.

7.4.1 Discusión de los resultados de la discretización de variables

Tal como se señala en la sección 6.4.1 del capítulo 6, las redes bayesianas permiten usar variables continuas, pero esto incide en la especificación de las tablas de probabilidades condicionales al haber un número infinito de estados. En esta investigación, tal como se señala en la sección 6.4.1 del capítulo 6 para la discretización de las variables se han seleccionado diferentes estratos a través de percentiles homogéneos: p_{25} , p_{50} y p_{75} .

7.4.2 Discusión de los resultados de la construcción del modelo

Tal como se señala en la sección 6.4.2 del capítulo 6, la construcción de una red bayesiana precisa la definición de las variables (ver sección 6.2.2), para luego

7.4 Discusión de los resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

construir la estructura de la red y obtener las distribuciones de probabilidad locales.

El modelo planteado ha sido ajustado o reducido en tres fases: la primera, denominada **Primera Red Bayesiana** (sección 6.4.3) donde se registran y podan las variables que son únicamente *hijo* y se realiza un registro y análisis de las variables “descolgadas”; se procedió a analizar y ajustar una **Segunda Red Bayesiana** (sección 6.4.4), para obtener finalmente una **Tercera Red Bayesiana** (sección 6.4.5) compuesta de 47 variables principales con las cuales se puede realizar la planificación territorial de los nodos e infraestructuras logísticas y considerar su efecto en las variables socio-económicas consideradas en esta tercera red.

7.4.3 Discusión de los resultados de la construcción del modelo: primera red bayesiana.

A continuación se discuten los resultados detallados en la sección 6.4.3 del capítulo 6, correspondientes a la primera red bayesiana.

7.4.3.1 Discusión del primer análisis de las relaciones de las variables en la primera red bayesiana

Del primer análisis de las relaciones de las variables en la primera red bayesiana, descrito en la sección 6.4.3.1, se determina que existen una serie de variables que

7.4 Discusión de los resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

de acuerdo al modelo no están relacionadas directamente con el resto de variables.

Estas variables están listadas en la Tabla 6.1.

De estas variables se destacan las **Áreas Comarcales por kilómetro cuadrado** (02_area_comarcas_nivel1, 02_area_comarcas_nivel2, 02_area_comarcas_nivel3), que para todos los niveles de planificación se encuentran desconectadas del resto de las variables del modelo. Otro caso destacable es la **Longitud de red secundaria de carretera por kilómetros** (03_carreteras_red_secundaria_por_provincia), que para el nivel de planificación 3 (por provincia) se desconecta del modelo, por lo que se deduce que en efecto hay niveles de planificación para los cuales plantear la planificación de ciertas variables no es factible.

7.4.3.2 Discusión del segundo análisis de las relaciones de las variables en la primera red bayesiana

Del segundo análisis de las relaciones de las variables en la primera red bayesiana, descrito en la sección 6.4.3.2 del capítulo 6, se determina que existen dentro del modelo una red bayesiana individual (ver figura 6.14) donde se relacionan las variables de identificación de las unidades territoriales por nivel 1: variable 0 (01_pob_id_data) correspondiente al **ID único que identifica las unidades territoriales en el nivel 1** y la variable 2 (01_pob_division1) que corresponde al **ID numérico por corregimiento por nivel 1**; con la variable 5 (01_pob_2010_nivel1) que corresponde al **población total por nivel 1 en número de personas** y

7.4 Discusión de los resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

la variable 9 (01_pob_densidad2010_nivel1) que corresponde a la **densidad de población en personas por kilómetro cuadrado**.

De esto, se puede determinar que el nivel 1 de planificación territorial no es el adecuado para planificar temas de densidad o número de personas distribuidas en el territorio.

7.4.3.3 Discusión del tercer análisis de las relaciones de las variables en la primera red bayesiana

Del tercer análisis de las relaciones de las variables en la primera red bayesiana, descrito en la sección 6.4.3.3 del capítulo 6, se determina que las variables de población y las variables de economía activa: ocupados/desocupados por sexo y edad se encuentran relacionadas siendo las principales: Cantidad de hombres por nivel 1 en el 2010 y Cantidad de mujeres por nivel 1 en el 2010 .

7.4.3.4 Discusión del cuarto análisis de las relaciones de las variables en la primera red bayesiana

Del cuarto análisis de las relaciones de las variables en la primera red bayesiana, descrito en la sección 6.4.3.4 del capítulo 6, se determina que la longitud de carretera tiene relación fundamental con variables económicas de PIB y densidad del PIB (tabla 6.5).

7.4 Discusión de los resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

7.4.3.5 Discusión del quinto análisis de las relaciones de las variables en la primera red bayesiana

Del quinto análisis de las relaciones de las variables en la primera red bayesiana, descrito en la sección 6.4.3.5 del capítulo 6, se determina que la variable Total de puertos de contenedores por nivel 1 parece ser una de las variables principales de las portuarias en términos de logística. Algunas variables de ferrocarril están asociadas a variables portuarias.

7.4.3.6 Discusión del sexto análisis de las relaciones de las variables en la primera red bayesiana

Del sexto análisis de las relaciones de las variables en la primera red bayesiana, descrito en la sección 6.4.3.6 del capítulo 6, se determina que conocida la variable 73 (05_ports_roro) correspondiente a la cantidad de **terminales portuarias ro-ro** se puede conocer el valor de una parte de las variables portuarias, tales como la variable 74 (05_ports_dry_bulk) correspondiente a la cantidad de **terminales portuarias de carga seca**, la variable 75 (05_ports_passengers) correspondiente a la cantidad de **terminales portuarias de pasajeros**, además de conocer variables de equipamiento de los puertos tales como la variable 95 (05.1_principalports_quay_cranes_super_post_panamax) correspondiente a la cantidad de grúas porticos Super Post Panamax, la variable 97 (05.1_principalports_quay_cranes_panamax) correspondientes a la cantidad de

7.4 Discusión de los resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

grúas porticos Panamax, entre otras (ver Tabla 6.7).

7.4.3.7 Discusión del séptimo análisis de las relaciones de las variables en la primera red bayesiana

Del séptimo análisis de las relaciones de las variables en la primera red bayesiana, descrito en la sección 6.4.3.7 del capítulo 6, se determina que una vez conocida la variable 76 (05.1_principalports_total) correspondiente a la cantidad **total de terminales portuarias principales** se conocen una parte de variables portuarias tales como la variable 78 (05.1_principalports_general_cargo) correspondiente al **total de puertos principales de carga general**, la variable 84 (05.1_principalports_calado_minimo) correspondiente a los metros de **calado mínimo**, la variable 85 (05.1_principalports_calado_maximo) correspondiente a los metros de **calado máximo**, además de relacionar variables de trafico por el Canal de Panamá (variables: 122, 123, 125, 126, 127, 128, 130, 131, 132, 133, 135, 136, 137, 138, 140, 142, 143, 145, 146, 147, 148, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 157, 158, 159, 160 y 161) (ver tabla 6.8, página 163).

Es así que la variable la variable 76 (05.1_principalports_total) correspondiente a la cantidad **total de terminales portuarias principales** se relaciona directamente con el 80 % de las variables de trafico del canal de Panamá (32 de 40 variables) consideradas en el modelo (ver anexo A.3).

7.4 Discusión de los resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

7.4.3.8 Discusión del octavo análisis de las relaciones de las variables en la primera red bayesiana

Del octavo análisis de las relaciones de las variables en la primera red bayesiana, descrito en la sección 6.4.3.8 del capítulo 6, se determina que una vez conocida la variable 89 (05.1_principalports_ro-ro_berths) correspondiente a la cantidad de **muelles ro-ro** se relaciona como variable *padre* con variables correspondientes a los puertos de contenedores tales como la variable 90 (05.1_principalports_ro-ro_berths_lengths) correspondiente a la **longitud de muelles ro-ro**, la variable 100 (05.1_principalports_top_picks) correspondiente a la cantidad de **top picks 5 tiers high**, la variable 119 (08_parques_logisticos) correspondiente a la cantidad de **parques logísticos** por unidad territorial, además de variables económicas tales como la variable 164 (10_pib_density_pib2011_nivel1) correspondiente a la **densidad del PIB** en millones de dólares por kilómetro cuadrado, variable 192 (10_pib_density_comercio_mayor_menor_pib2011_nivel1) correspondiente a la **densidad del PIB comercio mayor y menor** en millones de dólares por kilómetro cuadrado.

Es así que una variable portuaria, la variable 89, se relaciona otras variables portuarias, además de la localización de los parques logísticos y variables económicas correspondientes a la distribución de la densidad del PIB.

7.4 Discusión de los resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

7.4.3.9 Discusión del noveno análisis de las relaciones de las variables en la primera red bayesiana

Del noveno análisis de las relaciones de las variables en la primera red bayesiana, descrito en la sección 6.4.3.9 capítulo 6, se determina que la variable PIB minas y canteras por provincia 2011 es una de las variables principales de la planificación logística y define muchas variables que representan otras partidas del PIB.

7.4.3.10 Discusión del décimo análisis de las relaciones de las variables en la primera red bayesiana

Del décimo análisis de las relaciones de las variables en la primera red bayesiana, descrito en la sección 6.4.3.10 del capítulo 6, se determina que una vez conocida la variable 203 (10_pib_inter_financiera_pib2011) correspondiente al **PIB inter financiera** en millones de dólares. La variable 203 relaciona otras variables económicas (ver tabla 6.11).

7.4.4 Discusión de los resultados de la construcción del modelo: segunda red bayesiana.

A continuación se discuten los resultados detallados en la sección 6.4.4 del capítulo 6, correspondientes a la segunda red bayesiana.

Tal como se indicó en el sección 6.4.4, tras la “poda” de la primera red las variables para generar la segunda red con menor numero de variables aparecen

7.4 Discusión de los resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

en la tabla 6.12.

El resultado de este ajuste en la segunda red bayesiana se concreta con la determinación de 47 variables que definen la planificación logística de Panamá. Conocidas estas 47 variables, el resto se definen a través de ellas, por lo que han sido suprimidas de la red bayesiana. Tal como se señala en la sección 6.4.4, tenemos cuatro tipos de variables: las variables poblacionales, que describen aspectos como la distribución de la población en las unidades territoriales, la composición por género de la población, el nivel de estudios básicos de la población, ya la cantidad de personas ocupadas por unidad territorial; variable ambiental, ya que se considera las áreas protegidas del país; variables de infraestructuras y nodos logísticos, que describen la red primaria y secundaria, los aeropuertos y los puertos que se asocian a las variables de movimiento de carga del Canal de Panamá y del ferrocarril interoceánico que va paralelo al Canal; además de contar con las variables económicas, donde se consideran el PIB del país.

7.4.5 Discusión de los resultados de la construcción del modelo: tercera red bayesiana.

Tal como se señala en la sección 6.4.5 del capítulo 6, la Figura 6.29 muestra la tercera red bayesiana. La descripción de estas variables se detalla en la la tabla 6.16. Para el análisis de esta red, considerando la complejidad que plantea el trabajar con

7.4 Discusión de los resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

47 variables, se procedió a analizar y discutir la tercera red bayesiana por regiones, desde el primer análisis hasta el decimotercer análisis. Además se discuten los resultados de la inferencia realizada.

7.4.5.1 Discusión de los resultados del Primer análisis de las relaciones de las variables en la tercera red bayesiana

Tal como se señala en la sección 6.4.5.1 del capítulo 6, el primer análisis de las relaciones de las variables en la tercera red corresponde al **primer sector** estudiado de la tercera red, y que se muestra en la figura Figura 6.30. Los nombres de las variables correspondientes a la Figura 6.30 se muestran en la Tabla 6.16, y la descripción de cada variable se encuentra en el Anexo A.

En el caso de este primer análisis, la relación que se discute es: **Se dice que D es un efecto indirecto de A y B causado por C** (figura 7.1). Lo que también significa que la variable C es un efecto o *hijo* de las variables A y B; y a su vez esta (la variable C) es padre de la variable D.

Así, para las variables mostradas en la tabla 6.16, la red ha relacionado variables que son tanto hijos de dos o más variables, como padre de al menos una variable, tal es el caso de la cantidad total de vuelos desde el aeropuerto Gelabert hacia las unidades territoriales por nivel 1 en el 2006, es un efecto indirecto de Cantidad total de aeropuertos locales por nivel 1 y Longitud total de carretera de red primaria en

7.4 Discusión de los resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

kilometros por provincia causado por Cantidad total de vuelos desde el aeropuerto Gelabert hacia las unidades territoriales por nivel 1 en el 2005; el resto de relaciones se describen en la sección 6.4.5.1 del capítulo 6.

Figura 7.1: Relación entre variables dentro de la red bayesiana
Fuente: Elaboración propia.

7.4 Discusión de los resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

7.4.5.2 Discusión de los resultados del Segundo análisis de las relaciones de las variables en la tercera red bayesiana

Tal como se señala en la sección 6.4.5.2 del capítulo 6, el segundo análisis de las relaciones de las variables en la tercera red corresponde al **segundo sector** estudiado de la tercera red, y que se muestra en la figura figura 6.32. Los nombres de las variables correspondientes a la figura 6.32 se muestran en la tabla 6.17, y la descripción de cada variable se encuentra en el Anexo A.

En esta sección se discuten las **conexiones divergentes** donde existe un nodo *padre* que proyecta sus arcos sobre varios *hijos*. Esta relación se esquematiza en la figura Figura 7.2. En este sentido es importante destacar el caso de la variable 3, Nivel intermedio de división territorial (68 unidades territoriales), que es padre de las variables 4, 6, 29, 41, 55 y 167, es así que la variable 3 tiene efectos comunes sobre todos sus *hijos*. Otras relaciones similares en este **segundo sector** de la tercera red se describen en la sección 6.4.5.2 del capítulo 6.

Figura 7.2: Relación entre variables dentro de la red bayesiana (conexión divergente)

Fuente: Elaboración propia.

7.4 Discusión de los resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

Otra relación presente en este **segundo sector** de la tercera red es la relación **cola - con cabeza** mostrada en la Figura 7.3. En este tipo de relación la variable A es *padre* de la variable B, y la variable B es *padre* de la variable C, es así que la variable B es tanto *padre* como *hijo* de alguna de las variables en la red bayesiana. Un ejemplo de esta relación es la variable Las variable 3, Nivel intermedio de división territorial (68 unidades territoriales), la 4 Nivel máximo de división territorial (15 unidades territoriales) y todos los hijos de la variable 4 presentan esta relación.

Las variable 3, Nivel intermedio de división territorial (68 unidades territoriales), la 4 Nivel máximo de división territorial (15 unidades territoriales) y todos los hijos de la variable 4 Presentan una relación del tipo **cola - con cabeza**, mostrado en la Figura 6.34.

Figura 7.3: Relación entre variables dentro de la red bayesiana (conexión cola- con cabeza)
Fuente: Elaboración propia.

7.4.5.3 Discusión de los resultados del Tercer análisis de las relaciones de las variables en la tercera red bayesiana

Tal como se señala en la sección 6.4.5.3 del capítulo 6, el tercer análisis de las relaciones de las variables en la tercera red corresponde al **tercer sector** estudiado

7.4 Discusión de los resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

de la tercera red, y que se muestra en la figura figura 6.35.

En este **tercer sector** de la tercera red se destaca la variable 7 (01_pob_2010_nivel3) que describe la población total de personas según el censo del 2010 y que es *padre* de las variables 4 y 6, e *hijo* de las variables 8, 11, 30, 36, 39, 41, 43. Por lo que se establece una relación dentro de la tercera red bayesiana de la distribución de la población con el resto de variables tanto de infraestructuras logísticas como socioeconómicas.

7.4.5.4 Discusión de los resultados del Cuarto análisis de las relaciones de las variables en la tercera red bayesiana

Tal como se señala en la sección 6.4.5.4 del capítulo 6, el cuarto análisis de las relaciones de las variables en la tercera red corresponde al **cuarto sector** estudiado de la tercera red, y que se muestra en la figura figura 6.36.

En este **cuarto sector** de la tercera red se destaca la variable 11 (01_pob_densidad2010_nivel3) que describe la densidad de población según el censo del 2010 y que es *hijo* de las variables 4 y 7, y *padre* de las variables 16, 19, 36, 42, 55, 56 y 166. Por lo que se establece una relación dentro de la tercera red bayesiana de la distribución de la densidad de la población con el resto de variables tanto de infraestructuras logísticas como socioeconómicas.

7.4 Discusión de los resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

7.4.5.5 Discusión de los resultados del Quinto análisis de las relaciones de las variables en la tercera red bayesiana

Tal como se señala en la sección 6.4.5.5 del capítulo 6, el quinto análisis de las relaciones de las variables en la tercera red corresponde al **quinto sector** estudiado de la tercera red, y que se muestra en la Figura 6.37.

En este **quinto sector** de la tercera red se destaca la variable 30 (02_area_total_nivel3) que describe el área de cada una de las unidades territoriales por nivel 3 y que es *hijo* de las variables 4 y 7, y *padre* de las variables 36, 37, 39, 40, 54 y 56. Por lo que se establece una relación dentro de la tercera red bayesiana de el área de cada una de las unidades territoriales por nivel 3 con el resto de variables tanto de infraestructuras logísticas como socioeconómicas.

7.4.5.6 Discusión de los resultados del Sexto análisis de las relaciones de las variables en la tercera red bayesiana

Tal como se señala en la sección 6.4.5.6 del capítulo 6, el sexto análisis de las relaciones de las variables en la tercera red corresponde al **sexto sector** estudiado de la tercera red, y que se muestra en la figura 6.38.

En este **sexto sector** de la tercera red se destaca la variable 36 (02_areas_protegidas_nivel3) que describe el área protegida dentro de cada una de las unidades territoriales por nivel 3 y que es *hijo* de las variables 4, 7, 11 y 30, además de ser *padre* de las variables 39, 40, 42, 44 y 45. Por lo que

7.4 Discusión de los resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

se establece una relación dentro de la tercera red bayesiana de el área protegida dentro de cada una de las unidades territoriales por nivel 3 con el resto de variables tanto de infraestructuras logísticas como socioeconómicas.

7.4.5.7 Discusión de los resultados del Séptimo análisis de las relaciones de las variables en la tercera red bayesiana

Tal como se señala en la sección 6.4.5.7 del capítulo 6, el séptimo análisis de las relaciones de las variables en la tercera red corresponde al **séptimo sector** estudiado de la tercera red, y que se muestra en la Figura 6.39.

En este **séptimo sector** de la tercera red se destaca la variable 39 (02_area_planificable_nivel3) que describe el área planificable dentro de cada una de las unidades territoriales por nivel 3 y que es *hijo* de las variables 4, 30 y 36 además de ser *padre* de las variables 41, 54 y 56. Por lo que se establece una relación dentro de la tercera red bayesiana de el área planificable dentro de cada una de las unidades territoriales por nivel 3 con el resto de variables tanto de infraestructuras logísticas como socioeconómicas.

7.4.5.8 Discusión de los resultados del Octavo análisis de las relaciones de las variables en la tercera red bayesiana

Tal como se señala en la sección 6.4.5.8 del capítulo 6, el octavo análisis de las relaciones de las variables en la tercera red corresponde al **octavo sector** estudiado

7.4 Discusión de los resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

de la tercera red, y que se muestra en la Figura 6.40.

En este **octavo sector** de la tercera red se destacan las variables 40, 41, 42, 43, 44 y 45 (ver tabla 6.24) correspondientes a la red primaria y la red secundaria de carreteras, y las relaciones *padres* e *hijos* establecidas por estas variables dentro de la tercera red. Por lo que se establece una relación dentro de la tercera red bayesiana de la red primaria y la red secundaria de carreteras con el resto de variables tanto de infraestructuras logísticas como socioeconómicas.

7.4.5.9 Discusión de los resultados del Noveno análisis de las relaciones de las variables en la tercera red bayesiana

Tal como se señala en la sección 6.4.5.9 del capítulo 6, el noveno análisis de las relaciones de las variables en la tercera red corresponde al **noveno sector** estudiado de la tercera red, y que se muestra en la figura figura 6.41.

En este **noveno sector** de la tercera red se destacan las variables 10, 11, 12, 13, 16, 18 y 19 (ver tabla 6.25) correspondientes a variables sociales tales como la distribución de hombre y mujeres, la cantidad de población que tiene una educación hasta tercero de primaria, la cantidad de población que se dedica al agro y la cantidad de población en paro, y las relaciones *padres* e *hijos* establecidas por estas variables dentro de la tercera red. Por lo que se establece una relación dentro de la tercera red bayesiana de estas variables sociales con el resto de variables tanto

7.4 Discusión de los resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

de infraestructuras logísticas como socioeconómicas.

7.4.5.10 Discusión de los resultados del Décimo análisis de las relaciones de las variables en la tercera red bayesiana

Tal como se señala en la sección 6.4.5.10 del capítulo 6, el décimo análisis de las relaciones de las variables en la tercera red corresponde al **décimo sector** estudiado de la tercera red, y que se muestra en la Figura 6.42.

En este **décimo sector** de la tercera red se destacan las variables 28, 29, 30, 36, 37 y 39 (ver tabla 6.26) correspondientes a variables que describen las áreas totales, protegidas y planificables a distintos niveles, y las relaciones *padres e hijos* establecidas por estas variables dentro de la tercera red. Por lo que se establece una relación dentro de la tercera red bayesiana de estas variables con el resto de variables tanto de infraestructuras logísticas como socioeconómicas.

7.4.5.11 Discusión de los resultados del Undécimo análisis de las relaciones de las variables en la tercera red bayesiana

Tal como se señala en la sección 6.4.5.11 del capítulo 6, el undécimo análisis de las relaciones de las variables en la tercera red corresponde al **undécimo sector** estudiado de la tercera red, y que se muestra en la Figura 6.43.

En este **décimo sector** de la tercera red se destacan las variables 54, 55, 56 y 59 (ver Tabla 6.27) correspondientes a variables que describen la longitud de pista aéreas

7.4 Discusión de los resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

a distintos niveles, y las relaciones *padres* e *hijos* establecidas por estas variables dentro de la tercera red. Por lo que se establece una relación dentro de la tercera red bayesiana de estas variables con el resto de variables tanto de infraestructuras logísticas como socioeconómicas.

7.4.5.12 Discusión de los resultados del Duodécimo análisis de las relaciones de las variables en la tercera red bayesiana

Tal como se señala en la Sección 6.4.5.12 del Capítulo 6, el duodécimo análisis de las relaciones de las variables en la tercera red corresponde al **duodécimo sector** estudiado de la tercera red.

En este **duodécimo sector** de la tercera red se destacan las variables 164, 166, 167, 175, 191 y 195 (ver tabla 6.28) correspondientes a variables que describen la distribución de la actividad económica a través del PIB y distintas actividades que lo componen a distintos niveles, y las relaciones *padres* e *hijos* establecidas por estas variables dentro de la tercera red. Por lo que se establece una relación dentro de la tercera red bayesiana de estas variables con el resto de variables tanto de infraestructuras logísticas como socioeconómicas.

7.4 Discusión de los resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

7.4.5.13 Discusión de los resultados del Decimotercer análisis de las relaciones de las variables en la tercera red bayesiana.

Tal como se señala en la sección 6.4.5.13 del capítulo 6, el decimotercer análisis de las relaciones de las variables en la tercera red corresponde al análisis de las relaciones entre las variables mostradas en la Figura 6.44, que corresponden a las conexiones en la red bayesiana de las variables 3, 4, 6, 7, 8, 10 y 11 (ver la Tabla 6.29 y la Figura 6.44), y que explican los niveles de planificación, población y densidad de población en la República de Panamá.

Es así que estas variables están interrelacionadas dentro de la red, presentando relaciones de **conexión cabeza con cabeza** (ver Tabla 6.30 y la Figura 6.45), **conexión divergente** (ver Tabla 6.31 y la Figura 6.46), además de la **conexión cola - con cabeza** (ver Tabla 6.32 y la Figura 6.47) además de la **relación D es un efecto indirecto de A y B causado por C** (ver Tabla 6.33 y la Figura 6.48).

7.4.5.14 Discusión de los resultados de la Inferencia

Tal como se señala en la sección 6.4.5.14 del capítulo 6, se estudió qué ocurre si se tiene información a priori sobre variables relacionadas con el PIB, para las variables del PIB. Para esto se realizó una inferencia a priori de la tercera red (ver Tabla B.1).

Las variables del PIB seleccionadas fueron la variable 164 (10_pib_density_pib2011_nivel1) correspondiente a la **densidad del PIB 2011**

7.4 Discusión de los resultados de la Fase 2 (Parte B): Desarrollo del modelo de inteligencia artificial - Construcción de las redes bayesianas

por nivel 1 en millones de dólares por kilómetro cuadrado y la variable 166 (10_pib_density_pib2011_nivel3) correspondiente a la **densidad del PIB 2011 por nivel 3** en millones de dólares por kilómetro cuadrado (ver Tabla 6.34). Los valores de la discretización de las variables 164 y 166 corresponden a los percentiles p_{25} , p_{50} y p_{75} (ver Tabla 6.35).

Para la primera inferencia realizada (ver Figura 6.49), se estableció que, si 164 y 166 están en el **estrato s1**, entonces:

- 164 menor de 2,102 millones de dólares por kilometro cuadrado
- 166 menor de 1,463 millones de dólares por kilometro cuadrado

Desde el punto de vista de las infraestructuras logísticas, bajo estas condiciones del PIB, no existe un desarrollo de aeropuertos ni puertos (ver Tabla 6.36), y la longitud total de kilómetros de carretera de red primaria en el nivel 1 no adoptará un valor claro, por lo que se deduce que su desarrollo bajo estas condiciones del PIB depende de otros factores y no del desarrollo económico de la unidad territorial.

El otro escenario planteado corresponde a la segunda inferencia realizada (ver Figura 6.50), donde se estableció que, si 164 y 166 están en el **estrato s4**, entonces:

- S164 mayor que 25,693 millones de dólares por kilometro cuadrado
- S166 mayor que 4,232 millones de dólares por kilometro cuadrado

7.5 Discusión de los resultados de la Fase 3: Conclusiones

Desde el punto de vista de las infraestructuras logísticas, al igual que con la primera inferencia, bajo estas condiciones del PIB, no existe un desarrollo de puertos, por lo que la existencia de los puertos actuales está condicionada por otros factores distintos al desarrollo económico; además, con relación a la longitud total de kilómetros de carretera de red primaria en el nivel 1, esta optará con probabilidades similares de estar en el estrato S3 (46 % de probabilidad) o en el estrato S4 (44 % de probabilidad), mas no así en un estrato S1 o estrato S2 (10 % de probabilidad en conjunto) que representan un menor desarrollo de la red primaria de carretera. Estos valores del PIB generan sinergia con las variables poblacionales, atrayendo un mayor número de población a las unidades territoriales cuyos valores de las variables 164 y 166 se encuentren en el estrato S4 (ver Tabla 6.37).

7.4.5.15 Discusión de los resultados de la clasificación

7.5 Discusión de los resultados de la Fase 3: Conclusiones

El Capítulo 8 - Conclusiones, (páginas 266 a 272), muestra las conclusiones obtenidas una vez analizados y discutidos los resultados de la investigación.

Conclusiones

8.1 Introducción

En este capítulo se recogen las conclusiones obtenidas a partir de los resultados de la investigación doctoral detallados en el Capítulo 6 y de la discusión de estos en el Capítulo 7 producto de la aplicación de la metodología propuesta en el Capítulo 4 al caso de estudio de la República de Panamá. Se exponen además las aportaciones originales realizadas y se plantean las líneas de investigación futuras.

8.2 Conclusiones sobre la construcción del modelo.

Se estableció un modelo compuesto por 47 variables que definen la planificación logística de Panamá, el resto de variables de definen a partir de estas, es decir,

8.2 Conclusiones sobre la construcción del modelo.

conocidas estas el resto se definen a través de ellas, por ello se han podido eliminar.

El modelo de planificación establecido a través de la red bayesiana considera los aspectos de una planificación sostenible: económica, social y ambiental; que crean sinergia con la planificación de nodos e infraestructuras logísticas. (ver Figura 6.4.5.12).

Figura 8.1: Distribución de las variables por tipo dentro de la red bayesiana

Fuente: Elaboración propia.

La red bayesiana resultante demostraría, en términos de probabilidad, la no existencia de un modelo de planificación integral del transporte para Panamá, las infraestructuras logísticas (puertos, aeropuertos y carreteras) en lugar de

8.2 Conclusiones sobre la construcción del modelo.

complementarse en pro de una explotación del transporte eficiente, se excluyen: lo que implica que las zonas con grandes kilómetros de carretera tienden a no disponer de aeropuertos (o pistas) ni explotación portuaria, las zonas portuarias disponen de menores kilómetros de carretera y menor número de aeropuertos o pistas. Todo ello debido a las características físicas del territorio de Panamá que han condicionado su explotación. El modelo resultante muestra la realidad de Panamá de no existencia de planificación integral en el ámbito de los transporte.

De acuerdo al modelo de red bayesiana las variables económicas generan sinergia con las variables poblacionales, atrayendo un mayor número de población a las unidades territoriales con un mayor desarrollo económico, sin embargo el desarrollo económico no incide en el desarrollo de los puertos y los aeropuertos (o pistas).

Se aprecia que en términos de planificación las variables de carreteras longitud de las carreteras de la red primaria, para los diferentes niveles de división territorial son “causa” de la longitud de las carreteras de la red secundaria.

Con relación a las variables poblacionales:

Se aprecia que en términos de variables de población las densidades de población son efecto de los niveles de división territorial o de densidades de población de niveles superiores. La densidad de población son causa de variables de áreas

8.2 Conclusiones sobre la construcción del modelo.

protegidas, , carreteras de red primaria, longitud de pistas y densidad del PIB.

Se aprecia que el Nivel máximo de división territorial (15 unidades territoriales) y que la Población total del nivel 3 en el 2010 son causa de Densidad de población nivel 3 en el 2010.

Las áreas protegidas y planificables de diferentes niveles son causa de la Densidad de población nivel 3 en el 2010 .

Con relación a las variables de áreas de planificación y protegidas:

Se aprecia que el Nivel máximo de división territorial (15 unidades territoriales), Población total del nivel 3 en el 2010, Densidad de población nivel 3 en el 2010 son causa de Área protegida en kilómetros cuadrados por nivel 3.

Se aprecia que Área protegida en kilómetros cuadrados por nivel 3, Densidad de población nivel 3 en el 2010 y Nivel máximo de división territorial (15 unidades territoriales) son causa de Área planificable en kilómetros cuadrados por nivel 3.

Con relación a las variables de carreteras:

De acuerdo al modelo de red bayesiana a mayor desarrollo económico existe una mayor probabilidad de desarrollo de la red primaria de carretera.

También se aprecia que la red de carreteras primaria tiene efecto sobre la densidad del PIB y sobre el PIB de la agricultura, ganadería y silvicultura.

8.2 Conclusiones sobre la construcción del modelo.

Las variables de longitud de carreteras se ven afectadas por las áreas protegidas y las áreas planificables para los diferentes niveles de división territorial.

Con relación a las variables aeroportuarias:

Se aprecia que la densidad del PIB 2011 por nivel 3, tiene como efecto PIB minas y canteras por provincia 2011 y PIB comercio mayor y menor por provincia 2011.

Respecto a las variables s164 y s166 (variables de PIB) se concluye que:

- Para los estratos menores de s164 y s166, es decir, cuando sus valores son menores, lo más probable es que no existan puertos ni aeropuertos, dado que las variables asociadas a puertos y aeropuertos con probabilidades superiores al 90 % toman el valor de cero. Para los valores mayores de s164 y 166, la probabilidad que las variables asociadas a puertos y aeropuertos tomen valores superiores a cero son mayores que en el caso anterior, pero no muy elevadas
- Se aprecia que a mayor población por provincia, para el nivel 1 y para el nivel 3, mayores valores del PIB(s164 y s166), y mayor densidad de población para el nivel 2.
- El Pib de la agricultura y ganadería, de minas y carreteras, de comercio mayor y menor y de hoteles y restaurantes están en su estrato mayor con una probabilidad superior al 85 %, lo que supone que tomarán sus mayores

valores, para los mayores valores del estrato de las variables del análisis de inferencia (s164 y s166).

8.3 Futuras Investigaciones.

Con el fin de avanzar y consolidar la presenta propuesta metodológica, a continuación se proponen una serie de posibles futuras investigaciones y actuaciones en investigación:

- Definir la periodicidad óptima de actualización de datos que permita la incorporación de nuevas infraestructuras operativas y de sus registros derivados de su operación, con el objetivo de actualizar el Mapa de grupos Logísticos de la República de Panamá y evaluar las sinergías e interacciones a través de la metodología propuesta en esta tesis doctoral.
- Desarrollar la metodología propuesta en la presente tesis para realizar estudios similares en otros territorios y comparar las relaciones de las variables poblacionales, ambientales, de nodos e infraestructuras logísticas y de las variables económicas, obtenidas para la República de Panamá.
- Desarrollar la metodología propuesta en la presente tesis para cada uno de los grupos logísticos de la República de Panamá, y comparar los resultados obtenidos con la presente tesis a nivel de todo el territorio de la República de

Panamá.

- Realizar un estudio más específico de los movimientos de carga a través del Canal de Panamá y de su influencia en el Sistema Portuario de la República de Panamá.

Bibliografía

ANAVE, <http://www.anave.es/ultimas-noticias/728>, Consulta: 1 diciembre 2014, (2014). 4

CEPAL, <http://www.cepal.org/cgi-bin/getprod.asp?xml=/perfil/noticias/noticias/4/54974/P54974.xml&xsl=/perfil/tpl/plf.xsl&base=/perfil/tpl/top-bottom.xsl>, Consulta: 9 Marzo 2016, (2015). 5, 91, 95, 96

Ministerio de Vivienda y Ordenación Territorial MIVIOT, Antecedentes del MIVIOT, http://www.miviot.gob.pa/?page_id=197, consulta: 1 Diciembre de 2014, (2013), 2013. 11, 12, 13

Asamblea Legislativa de la República de Panamá, Ley No.78 de 23 de junio de 1941 por la cual se reglamentan las urbanizaciones en la República de Panamá, 1941. 13

Asamblea Legislativa de la República de Panamá, Ley No.120 de 2 de abril de 1943 por la cual se modifica el artículo 6o de la Ley 78 de 1941. (Por la cual se reglamentan las urbanizaciones en la República de Panamá), 1943. 13

Organo Ejecutivo de la República de Panamá, Decreto Ley No.54 de 22 de agosto de 1944 por el cual se crea el Banco de Urbanización y Rehabilitación, 1944. 13

Asamblea Nacional de la República de Panamá, Ley No.3 de 30 de enero de 1953 por la cual se crea el Instituto de Fomento Económico, como Insitución del Estado, 1953. 13

Asamblea Nacional de la República de Panamá, Ley No.17 de 29 de enero de 1958 por la cual se funda y organiza el Instituto de Vivienda y Urbanismo (IVU) (1958). 13

Consejo Nacional de Legislación de la República de Panamá, Ley No.9 de 25 de enero de 1973 por la cual se crea el Ministerio de Vivienda, 1973. 13

Ministerio de Vivienda de la República de Panamá, Decreto Ejecutivo No.205 del 28 de diciembre de 2000 por el cual se aprueba el Plan de Desarrollo Urbano de las Areas Metropolitanas del Pacífico y del Atlántico, adscrito a la Dirección General de Desarrollo Urbano del Ministerio de Vivienda y su Reglamento General, 2000. 14

Tratados Torrijos-Carter, Tratado del Canal de Panamá y Tratado Concerniente a la Neutralidad Permanente del Canal y al Funcionamiento del Canal de Panamá, entre la República de Panamá y los Estados Unidos. Washington, 7 de septiembre de 1977, 1977. 14

Asamblea Legislativa de la República de Panamá, Ley No.1 de 14 de enero de 1991 por la cual se adoptan medidas urgentes con respecto a bienes revertidos del Área del Canal, 1991. 15

Ministerio de Economía y Finanzas de la República de Panamá, Decreto Ejecutivo No.67 por el cual se crea la Unidad Administrativa de Bienes Revertidos, dentro de la estructura administrativa del Ministerio de Economía y Finanzas, 2006. 15

Centro de Innovación e Investigaciones Logísticas Georgia Tech Panamá, Portal de Logística en Panamá, <http://logistics.gatech.pa/es/>, consulta: 01 Febrero 2014 (2014), 2014. 20, 95, 96, 97, 103, 104

J. Monod, P. Castelbajac, L'aménagement du territoire, Presses universitaires de France, 1987. 22

C. D. Romer, Lecciones de la Gran Depresión para la recuperación económica en 2009, Revista de economía institucional 11 (21) (2009) 25–35. 22

Tennessee Writers' Project, Tennessee: a guide to the state, Scholarly Pr, 1939. 23

Agriculture Organization of the United Nations, Guidelines for land-use planning, vol. 1, Food & Agriculture Org., 1993. 23, 27

Ministry of Agriculture and Land Affairs of the Republic of South Africa, White Paper on Spatial Planning and Land Use Management, 2001. 24

Commission of the European Communities, The EU compendium of spatial planning systems and policies, vol. 1, Office for Official Publications of the European Communities, 1997. 24

Council of Europe, European regional/ spatial planning Charter (Torremolinos Charter), 1983. 24, 26

A. Massiris, Ordenamiento territorial y procesos de construcción regional, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Colombia, 2000. 24, 27

A. G. Aguilar, Las bases del ordenamiento territorial. Algunas evidencias de la experiencia cubana, Revista Geográfica (1989) 87–111. 24

R. Pujadas, J. Font, Ordenación y planificación territorial, Síntesis, (1998), 1998. 26

M. Benabent Fernández de Córdoba, Los planes de ordenación del territorio en España: de la instrumentación a la gestión, in: Agua, territorio y paisaje: de los instrumentos programados a la planificación aplicada: V Congreso Internacional

- de Ordenación del Territorio, Asociación Interprofesional de Ordenación del Territorio FUNDICOT, 143–158, 2009. 27
- D. G. Orea, Ordenación territorial, Mundi-Prensa Libros, 2007. 28
- J.-P. Rodrigue, C. Comtois, B. Slack, The geography of transport systems, Hofstra University, Department of Global Studies Geography, <http://people.hofstra.edu/geotrans>, 2013. 28, 34, 35
- U. S. Environmental Protection Agency (EPA), Projecting land-use change: A summary of models for assessing the effects of community growth and change on land-use patterns, Cincinnati, OH: U.S. Environmental Protection Agency. Office of Research and Development Publication EPA/600/R-00/098, 2000. 29, 30
- M. Silaydin Aydin, D. Cukur, Maintaining the carbon-oxygen balance in residential areas: A method proposal for land use planning, Urban Forestry & Urban Greening 11 (1) (2012) 87–94. 31
- C. Freeman, R. D. Clark, Y. V. Heezik, Creating Ecologically Based Land Use and Habitat Maps Quickly and Cheaply to Support Conservation Planning at Local Scales: A New Zealand Example, Geographical Research 49 (1) (2011) 99–111. 31

- J. G. Underwood, J. Francis, L. R. Gerber, Incorporating biodiversity conservation and recreational wildlife values into smart growth land use planning, *Landscape and Urban Planning* 100 (1-2) (2011) 136–143. 31
- D. Yu, Y. Jiang, M. Kang, Y. Tian, J. Duan, Integrated Urban Land-Use Planning Based on Improving Ecosystem Service: Panyu Case, in a Typical Developed Area of China, *Journal of Urban Planning and Development-Asce* 137 (4) (2011) 448–458. 31
- Y. Kadioglu, Land use and major issues of planning in city of Trabzon, 2nd International Geography Symposium-Mediterranean Environment 2010 19 (2011) 354–362. 31
- D. Orenstein, L. Jiang, S. Hamburg, An elephant in the planning room: Political demography and its influence on sustainable land-use planning in drylands, *Journal of Arid Environments* 75 (6) (2011) 596–611. 31
- R. Plummer, D. de Grosbois, R. de Loe, J. Velaniskis, Probing the integration of land use and watershed planning in a shifting governance regime, *Water Resources Research* (2011). 31
- S. Pourebrahim, M. Hadipour, M. B. Mokhtar, Integration of spatial suitability analysis for land use planning in coastal areas; case of Kuala Langat District, Selangor, Malaysia, *Landscape and Urban Planning* 101 (1) (2011) 84–97. 31

- K. Bailey, B. Blandford, T. Grossardt, J. Ripy, Planning, technology, and legitimacy: structured public involvement in integrated transportation and land-use planning in the United States, *Environment and Planning B-Planning & Design* 38 (3) (2011) 447–467. 31
- J. Bourgoin, J.-C. Castella, D. Pullar, G. Lestrelin, B. Bouahom, Toward a land zoning negotiation support platform: “Tips and tricks” for participatory land use planning in Laos, *Landscape and Urban Planning* 104 (2) (2012) 270–278. 31
- J. Bourgoin, J.-C. Castella, “PLUP FICTION”: Landscape Simulation for Participatory Land Use Planning in Northern Lao PDR, *Mountain Research and Development* 31 (2) (2011) 78–88. 31
- G. Lestrelin, J. Bourgoin, B. Bouahom, J.-C. Castella, Measuring participation: Case studies on village land use planning in northern Lao PDR, *Applied Geography* 31 (3) (2011) 950–958. 31
- M. Buxton, R. Haynes, D. Mercer, A. Butt, Vulnerability to Bushfire Risk at Melbourne’s Urban Fringe: The Failure of Regulatory Land Use Planning, *Geographical Research* 49 (1) (2011) 1–12. 31
- C. Gunning, P. Harris, J. Mallett, Assessing the health equity impacts of regional land-use plan making: An equity focussed health impact assessment of

- alternative patterns of development of the Whitsunday Hinterland and Mackay Regional Plan, Australia (Short report), *Environmental Impact Assessment Review* 31 (4) (2011) 415–419. 31
- T. Rye, J. Welsch, A. Plevnik, R. de Tommasi, First steps towards cross-national transfer in integrating mobility management and land use planning in the EU and Switzerland, *Transport Policy* 18 (3) (2011) 533–543. 31
- S. Zemp, M. Stauffacher, D. J. Lang, R. W. Scholz, Classifying railway stations for strategic transport and land use planning: Context matters!, *Journal of Transport Geography* 19 (4) (2011) 670–679. 31
- L. Miao, H. Yuanman, Z. Wei, Z. Junjun, C. Hongwei, X. Fengming, Application of land-use change model in guiding regional planning: A case study in Hun-Taizi River Watershed, Northeast China, *Chinese Geographical Science* 21 (5) (2011) 609–618. 31
- X. Chun-tao, J. Xi-dong, Regression analysis in land use planning evaluation-case study on Yitong County in Jilin Province, *Dongbei Shida Xuebao (Ziran Kexue Ban)* 42 (4) (2010) 154–158. 31
- G. Bruntland, *Our common future: The world commission on environment and development* (1987). 32

General Assembly of the United Nations, Rio declaration on environment and development, Agenda 21, (1992). 32

K. Malik, Human Development Report 2013. The rise of the South: Human progress in a diverse world (Technical notes), Tech. Rep., United Nations Development Programme (UNDP), 2013. 33

G. F. N. WWF, E. GFN, Living Planet Report 2012: Biodiversity, Biocapacity and Better Choices, WWF, Switzerland (2012). 33

Economic Commission for Europe, Terminology on combined transport (2001). 33

B. S. Pavón, Ordenación del territorio y planificación de plataformas logísticas: Reflexiones críticas para una estrategia de futuro, X Jornadas de Economía Crítica (2006). 34

A. Camarero, N. González, Logística y transporte de contenedores, Fundación Agustín de Betancourt, España, 2006. 34

R. Urrunaga, C. Aparicio, Infrastructure and economic growth in Peru., CEPAL Review (107) (2012) 145–163. 34

A. Figueroa, Economic growth and the environment, CEPAL Review 109 (2013) 27–39. 35

- J. Quijada-Alarcon, N. González, A. Camarero, F. Soler, Road network analysis using decision trees algorithm: A case of study of Panama, in: M. Mokry, A. Lieskovsk (Eds.), Proceedings in Advanced Research in Scientific Areas. The 1st Virtual International Conference, EDIS - Publishing Institution of the University of Zilina, Slovak Republic, ISBN 1338-9831/978-80-554-0606-0, 2012. 35
- J. D. Kasarda, J. D. Green, Air cargo as an economic development engine: A note on opportunities and constraints, *Journal of Air Transport Management* 11 (6) (2005) 459–462. 35
- S. Shusheng, H. Feng, Regional logistic systems and operation mode based on industrial cluster, 2006. 35
- M. Liu, P. Fan, Study of the Key Influencing Factors of Regional Logistics Industry Cluster Based on PCA, 2009. 35
- F. Lasserre, Logistics and the Internet: transportation and location issues are crucial in the logistics chain, *Journal of Transport Geography* 12 (1) (2004) 73–84. 36
- Y. Pang, Z. Wang, Study on Regional Logistics Information Platform Based on Multi-media Technology, 2008. 36

- G. Piatetsky-Shapiro, Knowledge discovery in real databases: A report on the IJCAI-89 Workshop, AI magazine 11 (4) (1990) 68. 36
- U. Fayyad, G. Piatetsky-Shapiro, P. Smyth, The KDD process for extracting useful knowledge from volumes of data, Communications of the ACM 39 (11) (1996) 27–34. 37, 38
- J. C. Riquelme, R. Ruiz, K. Gilbert, Minería de datos: Conceptos y tendencias, Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial 10 (29) (2006) 11–18. 37
- J. Mena, Data mining your website, Digital Pr, 1999. 39
- N. G. Cancelas, F. S. Flores, A. C. Orive, Modelo de eficiencia de las terminales de contenedores del sistema portuario español, Revista Rect@ 14 (2013) 49 – 67. 39, 66, 67
- S. Zhang, C. Zhang, Q. Yang, Data preparation for data mining, Applied Artificial Intelligence 17 (5-6) (2003) 375–381. 39
- J. Han, M. Kamber, Data Mining: Concepts and Techniques, vol. 2, second edition edn., 2006. 40
- T. Aluja Banet, La minería de datos, entre la estadística y la inteligencia artificial, Questiió: Quaderns d'Estadística, Sistemes, Informàtica i Investigació Operativa 25 (3) (2001) 479–498. 41

- F. F. Rodríguez, E. A. González, J. A. Félix, Especificación de modelos econométricos utilizando minería de datos, *Rect@: Revista Electrónica de Comunicaciones y Trabajos de ASEPUMA* (10) (2009) 223–252. 41
- M. Shouman, T. Turner, R. Stocker, Using data mining techniques in heart disease diagnosis and treatment, in: *Electronics, Communications and Computers (JEC-ECC), 2012 Japan-Egypt Conference on, IEEE*, 173–177, 2012. 41
- H. C. Koh, G. Tan, Data mining applications in healthcare, *Journal of Healthcare Information Management-Vol 19* (2) (2011) 65. 41
- S. K. Yadav, B. Bharadwaj, S. Pal, Mining Education Data to Predict Student's Retention: A comparative Study, *arXiv preprint arXiv:1203.2987* (2012). 41
- R. Asif, A. Merceron, M. Pathan, Mining student's admission data and predicting student's performance using decision trees, *ICERI2012 Proceedings* (2012) 5121–5129. 41
- V. Ravi, N. Nekuri, C. R. Rao, Privacy preserving data mining using particle swarm optimisation trained auto-associative neural network: an application to bankruptcy prediction in banks, *International Journal of Data Mining, Modelling and Management* 4 (1) (2012) 39–56. 42

- W. Kwak, Y. Shi, G. Kou, Bankruptcy prediction for Korean firms after the 1997 financial crisis: using a multiple criteria linear programming data mining approach, *Review of Quantitative Finance and Accounting* (2012) 1–13. 42
- U. D. Prasad, S. Madhavi, Prediction of Churn Behavior of Bank Customers Using Data Mining Tools, *Business Intelligence Journal* 5 (1), (2012). 42
- P. A. C. Hernández, Aplicación de Árboles de decisión en modelos de riesgo crediticio, *Revista colombiana de estadística* 27 (2) (2004) 139–151. 42, 43
- J. Trujillano, A. Sarria-Santamera, A. Esquerda, M. Badia, M. Palma, J. March, Aproximación a la metodología basada en Árboles de decisión (CART). Mortalidad hospitalaria del infarto agudo de miocardio, *Gaceta Sanitaria* 22 (1) (2008) 65–72. 42, 43
- F. Lira, P. S. Perez, J. A. Baranauskas, S. R. Nozawa, Prediction of antimicrobial activity of synthetic peptides by a decision tree model, *Applied and Environmental Microbiology* 79 (10) (2013) 3156–3159. 42, 43
- S. M. Hermann, J. S. Kush, J. C. Gilbert, A decision tree approach using silvics to guide planning for forest restoration (2013). 43
- Z. Qi, A. G. Yeh, X. Li, Z. Lin, Integration of polarimetric decomposition, object-oriented image analysis, and decision tree algorithms for land-use

- and land-cover classification using RADARSAT-2 polarimetric SAR data, *Photogrammetric Engineering Remote Sensing* 78 (2) (2012) 169–181. 43
- M. A. Friedl, C. E. Brodley, Decision tree classification of land cover from remotely sensed data, *Remote Sensing of Environment* 61 (3) (1997) 399–409. 43
- H. R. Matinfar, M. S. Roodposhti, Decision Tree Land Use/Land Cover Change Detection of Khoram Abad City Using Landsat Imagery and Ancillary SRTM Data, *Middle-East Journal of Scientific Research* 13 (8) (2013) 1057–1064. 43
- Y. Rafii, S. Alavipanah, B. Malekmohammadi, M. R. Mehrian, H. Nasiri, Producing land cover maps using remote sensing and decision tree algorithm (Case study: Bakhtegan national park and wildlife refuge), *Geography and Environmental Planning* 23 (3) (2012) 93–110. 43
- F. Bastardie, J. R. Nielsen, B. S. Andersen, O. R. Eigaard, Integrating individual trip planning in energy efficiency—Building decision tree models for Danish fisheries, *Fisheries Research* 143 (2013) 119–130. 43
- Grupo de Meteorología de Santander, Minería de Datos. Redes Bayesianas y Neuronales, http://www.meteo.unican.es/es/research/mineria_datos, Última consulta: 1 Agosto 2015, 2014. 44, 46

- M. R. Lozano, El papel de las redes bayesianas en la toma de decisiones, La simulación al servicio de la academia No2, (2011). 44, 46, 47, 73, 74
- C. M. Kadie, D. Hovel, E. Horvitz, MSBNx: A component-centric toolkit for modeling and inference with Bayesian networks, Microsoft Research, Richmond, WA, Technical Report MSR-TR-2001-67 28, (2001). 44
- J. L. Puga, J. G. García, Sistemas de tutorización inteligente basados en redes bayesianas, REMA 13 (1) (2008) 13–25. 45, 46, 47, 142
- R. A. Trueba, J. M. Gutiérrez, D. S. Martín, 2008. 46
- J. Pearl, Probabilistic reasoning in intelligent systems: networks of plausible inference, Morgan Kaufmann, 1988. 46
- E. Castillo, Expert systems and probabilistic network models, Springer, 1997. 46
- J. McCloskey, R. Lilieholm, R. Boone, R. Reid, S. Sader, D. Nkedianye, M. Said, J. Worden, A participatory approach for modeling alternative future land use scenarios around Nairobi National Park using Bayesian Belief Networks, Ecosystems and Sustainable Development VIII 144 (2011a) 43. 48
- J. T. McCloskey, R. J. Lilieholm, C. Cronan, Using Bayesian belief networks to identify potential compatibilities and conflicts between development and

- landscape conservation, *Landscape and Urban Planning* 101 (2) (2011b) 190–203. 48
- V. Kocabas, S. Dragicevic, Bayesian networks and agent-based modeling approach for urban land-use and population density change: a BNAS model, *Journal of Geographical Systems* 15 (4) (2013) 403–426. 48
- T. U. Chan, B. T. Hart, M. J. Kennard, B. J. Pusey, W. Shenton, M. M. Douglas, E. Valentine, S. Patel, Bayesian network models for environmental flow decision making in the Daly River, Northern Territory, Australia, *River Research and Applications* 28 (3) (2012) 283–301. 48
- M. E. Borsuk, S. Schweizer, P. Reichert, A Bayesian network model for integrative river rehabilitation planning and management, *Integrated environmental assessment and management* 8 (3) (2012) 462–472. 48
- A. Camarero, F. S. Flores, N. G. Cancelas, I. L. Ansorena, Utilización de redes bayesianas como método de caracterización de parámetros físicos de las terminales de contenedores del sistema portuario español, *Revista de Ingeniería Universidad de los Andes* (39) (2014) 31–38. 48
- F. J. S. Flores, N. G. Cancelas, A. C. Orive, J. L. A. Garate, M. C. P. Monzón, Diseño de un modelo de planificación de zonas de actividades logísticas mediante

- el empleo de redes bayesianas., *Revista ingeniería industrial* 12 (1) (2013) 7–26.
48, 72
- J. Pearl, Graphs, causality, and structural equation models, *Sociological Methods Research* 27 (2) (1998) 226–284. 50
- M. J. Druzdzel, H. A. Simon, Causality in Bayesian belief networks, in: *Proceedings of the Ninth international conference on Uncertainty in artificial intelligence*, Morgan Kaufmann Publishers Inc., 3–11, 1993. 50
- D. Heckerman, J. S. Breese, A new look at causal independence, in: *Proceedings of the Tenth international conference on Uncertainty in artificial intelligence*, Morgan Kaufmann Publishers Inc., 286–292, 1994. 50
- M. Fernández Boyano, D. Tabernero Pérez, S. Alonso-Herrero, J. M. Pérez-Álvarez, F. J. Blanco-Velázquez, M. Anaya-Romero, J. E. Fernández-Luque, Developing the prototype AndaLAND for agriculture soil and water assessment in climate change scenarios . 52
- N. W. Chaney, E. F. Wood, A. B. McBratney, J. W. Hempel, T. W. Nauman, C. W. Brungard, N. P. Odgers, POLARIS: A 30-meter probabilistic soil series map of the contiguous United States, *Geoderma* 274 (2016) 54–67. 52

- G. Ribeiro, B. Maria, Mapping informal settlements using WorldView-2 imagery and C4. 5 decision tree classifier, in: Urban Remote Sensing Event (JURSE), 2015 Joint, IEEE, 1–4, 2015. 52
- F. Nex, L. Delucchi, D. Gianelle, M. Neteler, F. Remondino, M. Dalponte, Land Cover Classification and Monitoring: the STEM Open Source Solution, *European Journal of Remote Sensing* 48 (2015) 811–831. 52
- A. D. Regmi, K. C. Devkota, K. Yoshida, B. Pradhan, H. R. Pourghasemi, T. Kumamoto, A. Akgun, Application of frequency ratio, statistical index, and weights-of-evidence models and their comparison in landslide susceptibility mapping in Central Nepal Himalaya, *Arabian Journal of Geosciences* 7 (2) (2014) 725–742. 52
- L. Vermote, C. Macharis, J. Hollevoet, K. Putman, Participatory evaluation of regional light rail scenarios: A Flemish case on sustainable mobility and land-use, *Environmental Science & Policy* 37 (2014) 101–120. 52
- M. Hansen, A. Egorov, P. Potapov, S. Stehman, A. Tyukavina, S. Turubanova, D. Roy, S. Goetz, T. Loveland, J. Ju, et al., Monitoring conterminous United States (CONUS) land cover change with web-enabled landsat data (WELD), *Remote sensing of Environment* 140 (2014) 466–484. 52

- S. Hu, L. Wang, Automated urban land-use classification with remote sensing, *International Journal of Remote Sensing* 34 (3) (2013) 790–803. 52
- I. A. Chandio, A. N. B. Matori, K. B. WanYusof, M. A. H. Talpur, A.-L. Balogun, D. U. Lawal, GIS-based analytic hierarchy process as a multicriteria decision analysis instrument: a review, *Arabian Journal of Geosciences* 6 (8) (2013) 3059–3066. 52
- R. Scolozzi, D. Geneletti, A multi-scale qualitative approach to assess the impact of urbanization on natural habitats and their connectivity, *Environmental Impact Assessment Review* 36 (2012) 9–22. 52
- J. Gonzalez-Redin, S. Luque, L. Poggio, R. Smith, A. Gimona, Spatial Bayesian belief networks as a planning decision tool for mapping ecosystem services trade-offs on forested landscapes, *Environmental research* 144 (2016) 15–26. 53
- D. Tien Bui, B. T. Pham, Q. P. Nguyen, N.-D. Hoang, Spatial prediction of rainfall-induced shallow landslides using hybrid integration approach of Least-Squares Support Vector Machines and differential evolution optimization: a case study in Central Vietnam, *International Journal of Digital Earth* (2016) 1–21. 53
- A. Lehtikoinen, M. Hanninen, J. Storgard, E. Luoma, S. Mantyniemi, S. Kuikka, A Bayesian network for assessing the collision induced risk of an oil accident in the

Gulf of Finland, *Environmental science & technology* 49 (9) (2015) 5301–5309.

53

T. D. Penman, A. E. Nicholson, R. A. Bradstock, L. Collins, S. H. Penman, O. F. Price, Reducing the risk of house loss due to wildfires, *Environmental Modelling & Software* 67 (2015) 12–25. 53

J. Frayer, Z. Sun, D. Müller, D. K. Munroe, J. Xu, Analyzing the drivers of tree planting in Yunnan, China, with Bayesian networks, *Land Use Policy* 36 (2014) 248–258. 53

K. Webster, J. McLaughlin, Application of a Bayesian belief network for assessing the vulnerability of permafrost to thaw and implications for greenhouse gas production and climate feedback, *Environmental Science & Policy* 38 (2014) 28–44. 53

P. Poppenborg, The Impact of Socio-Economic Land Use Decisions on the Provision of Ecosystem Services . 53

Z. Sun, D. Müller, A framework for modeling payments for ecosystem services with agent-based models, Bayesian belief networks and opinion dynamics models, *Environmental modelling & software* 45 (2013) 15–28. 53

- M. P. Mello, J. Risso, C. Atzberger, P. Aplin, E. Pebesma, C. A. O. Vieira, B. F. T. Rudorff, Bayesian networks for raster data (BayNeRD): Plausible reasoning from observations, *Remote Sensing* 5 (11) (2013) 5999–6025. 53
- V. Kocabas, S. Dragicevic, E. McCann, Integration of a GIS-Bayesian Network agent-based model in a planning support system as framework for policy generation, *URISA Journal* 24 (1) (2012) 35–53. 53
- P. Sherrod, DTREG predictive modeling software, Software available at <http://www.dtreg.com> (2003). 62, 63
- A. J. Céspedes, R. Rumí, A. Salmerón, F. J. Soler, Análisis del sector agrario del poniente almeriense mediante redes bayesianas (2003). 66
- Elvira Consortium, Elvira: An environment for creating and using probabilistic graphical models, in: *Proceedings of the First European Workshop on Probabilistic Graphical Models*, 222–230, 2002. 67
- D. Rodríguez, J. Dolado, *Redes Bayesianas en la Ingeniería del Software, Técnicas cuantitativas para la gestión en la ingeniería del software* (2007). 67, 69, 70, 71, 72, 74
- S. Moral, Una Introducción a las Redes Bayesianas, <http://ccc.inaoep>.

- [mx/~jagonzalez/AI/Sesion13_Data_Mining.pdf](#), consulta: 1
Agosto de 2014, 2014. 68
- J. L. Puga, J. G. García, L. d. Sánchez, E. I. d. Solana, Las redes bayesianas como herramientas de modelado en psicología (2007). 70
- J. Pearl, Bayesian networks, Department of Statistics UCLA (2011). 70
- D. Heckerman, A tutorial on learning with Bayesian networks, Springer, 1998. 70
- K. B. Laskey, Sensitivity analysis for probability assessments in Bayesian networks, Systems, Man and Cybernetics, IEEE Transactions on 25 (6) (1995) 901–909. 71
- T. Gu, H. K. Pung, D. Q. Zhang, A bayesian approach for dealing with uncertain contexts, na, 2004. 71
- G. Wahba, Bayesian “confidence intervals” for the cross-validated smoothing spline, Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological) (1983) 133–150. 71
- B. G. Marcot, Metrics for evaluating performance and uncertainty of Bayesian network models, Ecological Modelling 230 (2012) 50–62. 71
- D. Niedermayer, An introduction to Bayesian networks and their contemporary applications, Innovations in Bayesian Networks, Springer, 117–130, 2008. 71

L. Sucar, <http://ccc.inaoep.mx/~esucar/Clases-mgp/caprb.pdf>, Consulta: 1 diciembre 2014, (2014). 72

G. C. Segundo, Filosofía de la estadística, Universidad de Valencia, Publicaciones Universidad De Valencia (1994). 73

E. Fernández, Análisis de Clasificadores Bayesianos, Trabajo Final de Especialidad en Ingeniería de Sistemas Expertos. Escuela de Postgrado. Instituto Tecnológico de Buenos Aires (2004). 74

C. Luque, Clasificadores bayesianos. El algoritmo Naive Bayes, https://www.nebrija.es/~cmalagon/inco/Apuntes/bayesian_learning.pdf, Consulta: 30 enero 2014, (2003). 75

J. L. Puga, Cómo construir y validar Redes bayesianas con Netica, REMA 17 (1) (2012) 1–17. 75, 76

UNCTAD, UNCATSTAT, http://unctadstat.unctad.org/wds/ReportFolders/reportFolders.aspx?sCS_ChosenLang=en
Consulta: 1 febrero 2016, (2016). 81, 92, 101

PNUD, Informe sobre Desarrollo Humano 2015 (2015). 81

Global Foot Print Network, Country Trends, <http://www.>

footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/trends/panama/, Consulta: 1 mayo 2016, (2016). 82

U. UNCTAD, Review of Maritime Transport 2013, Tech. Rep., United Nations, 2013. 86, 101, 102

UNCTAD, Review of Maritime Transport 2012, Tech. Rep., United Nations, 2012. 88

Autoridad del Canal de Panamá ACP, Estadísticas de Tránsito, <http://micanaldepanama.com/servicios/canal-servicios-maritimos/estadisticas-de-transito/>, Última consulta: 1 Marzo, 2014. 89, 90

O. Doerr, Políticas portuarias, Tech. Rep., CEPAL, 2011. 91

CEPAL, Perfil Marítimo de América Latina y el Caribe, <http://www.eclac.cl/perfil/default.asp>, Última consulta: 15 Diciembre 2013, 2013. 91

Organo Ejecutivo Nacional, Decreto Ley No 7 (De 10 de Febrero de 1998), 1998. 93

Autoridad Marítima de Panamá, Memoria Anual 2011-2012, Tech. Rep., 2013. 94

International Maritime Organization IMO, Código PBIP: Código internacional para la protección de los buques y de las instalaciones portuarias y enmiendas de 2002

al Convenio SOLAS: adoptado el 12 de diciembre de 2002, IMO Publishing, 2003. 94

Autoridad Marítima de Panamá, Estadística, http://www.amp.gob.pa/newsite/spanish/home_mirror.html, Última consulta: 15 Diciembre 2013, 2013. 98

F. G. Laxe, La accesibilidad y conectividad portuaria, Boletín económico de ICE, Información Comercial Española (3011) (2011) 35–46. 100

UNCTAD, Review of Maritime Transport 2011, Tech. Rep., United Nations, 2011. 102

A. González, F. Eduardo, Análisis y diseño de un sistema informático de soporte al diagnóstico clínico, Ph.D. thesis, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, 2013. 133, 134, 135

F. Roche, Métodos para obtener conocimiento utilizando redes bayesianas y procesos de aprendizaje con algoritmos evolutivos, Ph.D. thesis, Universidad de Sevilla, 2002. 134, 135

F. Silva, Redes Bayesianas - Algoritmo K2 en WEKA, <http://myslide.es/education/redes-bayesianas-algoritmo-k2-en-weka.html> Consulta: 1 enero 2016, (2015). 135

E. Millan, Redes Bayesianas, <http://www.lcc.uma.es/~eva/aic/Redes%20Bayesianas.pdf> Consulta: 1 agosto 2015, (2005). 136, 137, 143, 150, 151, 152, 170, 171

M. Cesari, Nivel de significación estadística para el aprendizaje de una red bayesiana, <http://laboratorios.fi.uba.ar/lsi/rgm/tesistas/cesari-trabajofinaldeespecialidad.pdf> Consulta: 1 agosto 2015, (2006). 137, 138, 141, 142

CAPÍTULO

A

Anexo 1

Cuadro A.1: Variables Poblacionales de Estudio.

No	Nombre	Descripción	Unidad	Año	Nivel
0	01_pob_id_data	ID único que identifica las unidades territoriales	c/u		
1	01_pob_provincia	ID numérico por Provincia	1:Bocas del Toro, 2:Coclé,...		
2	01_pob_division1	ID numérico por corregimiento	s/u		
3	01_pob_division2	ID numérico por Corregimiento y Distrito	s/u		
4	01_pob_division3	ID numérico por Distrito	s/u		
5	01_pob_2010_nivel1	Población total	Personas	2010	1
6	01_pob_2010_nivel2	Población total	Personas	2010	2
7	01_pob_2010_nivel3	Población total	Personas	2010	3
8	01_pob_2010_provincia	Población total por Provincia	Personas	2010	
9	01_pob_densidad2010_nivel1	Densidad de población	Personas por kilómetro cuadrado	2010	1
10	01_pob_densidad2010_nivel2	Densidad de población	Personas por kilómetro cuadrado	2010	2
11	01_pob_densidad2010_nivel3	Densidad de población	Personas por kilómetro cuadrado	2010	3
12	01_pob_hombre2010_nivel1	Población masculina	Personas	2010	1
13	01_pob_mujeres2010_nivel1	Población femenina	Personas	2010	1
14	01_pob_01_pob_18_years_or_more2010_nivel1	Población de 18 años o mayor	Personas	2010	1
15	01_pob_10_years_or_more2010_nivel1	Población de 10 años o mayor	Personas	2010	1
16	01_pob_tercero_primaria2010_nivel1	Población con tercero de primaria o más	Personas	2010	1
17	01_pob_ocupados2010_nivel1	Población de Personas ocupadas	Personas	2010	1

Sigue en la página siguiente.

Cuadro A.1 – Continúa desde la página previa

No	Nombre	Descripción	Unidad	Año	Nivel
18	01_pob_actividades_agro2010_nivel1	Población dedicada al agro	Personas	2010	1
19	01_pob_desocupados2010_nivel1	Población desocupada	Personas	2010	1
20	01_pob_no_economic_activa2010_nivel1	Población no económicamente activa	Personas	2010	1
21	01_pob_analfabeta2010_nivel1	Población analfabeta	Personas	2010	1
22	01_pob_con_impedimento2010_nivel1	Población con impedimento	Personas	2010	1
23	01_pob_viviendas2010_nivel1	Cantidad de viviendas	c/u	2010	1
24	01_pob_habitantes_vivienda2010_nivel1	Habitantes por vivienda	Personas	2010	1
25	01_pob_mediana_edad2010_nivel1	Edad media de la población	Años	2010	1
26	01_pob_2000_nivel1	Población total	Personas	2000	1
27	01_pob_densidad2000_nivel1	Densidad de población	Personas por kilómetro cuadrado	2000	1

Cuadro A.2: Variables Ambientales de Estudio.

No	Nombre	Descripción	Unidad	Nivel
28	02_area_total_nivel1	Área total	kilometro cuadrado	1
29	02_area_total_nivel2	Área total	kilometro cuadrado	2
30	02_area_total_nivel3	Área total	kilometro cuadrado	3
31	02_area_comarcas_nivel1	Áreas comarcales	kilometro cuadrado	1
32	02_area_comarcas_nivel2	Áreas comarcales	kilometro cuadrado	2
33	02_area_comarcas_nivel3	Áreas comarcales	kilometro cuadrado	3
34	02_areas_protegidas_nivel1	Áreas protegidas	kilometro cuadrado	1
35	02_areas_protegidas_nivel2	Áreas protegidas	kilometro cuadrado	2
36	02_areas_protegidas_nivel3	Áreas protegidas	kilometro cuadrado	3
37	02_area_planificable_nivel1	Área planificable	kilometro cuadrado	1
38	02_area_planificable_nivel2	Área planificable	kilometro cuadrado	2
39	02_area_planificable_nivel3	Área planificable	kilometro cuadrado	3

Cuadro A.3: Variables de Nodos e Infraestructuras Logísticas

No	Nombre	Descripción	Unidad	Nivel
40	03_carreteras_red_primaria_nivel1	Longitud de red primaria de carretera	kilómetros	1
41	03_carreteras_red_primaria_nivel2	Longitud de red primaria de carretera	kilómetros	2
42	03_carreteras_red_primaria_nivel3	Longitud de red primaria de carretera	kilómetros	3
43	03_carreteras_red_primaria_por_provincia	Longitud de red primaria de carretera	kilómetros	
44	03_carreteras_red_secundaria_nivel1	Longitud de red secundaria de carretera	kilómetros	1
45	03_carreteras_red_secundaria_nivel2	Longitud de red secundaria de carretera	kilómetros	2
46	03_carreteras_red_secundaria_nivel3	Longitud de red secundaria de carretera	kilómetros	3
47	03_carreteras_red_secundaria_por_provincia	Longitud de red secundaria de carretera	kilómetros	
48	03_carreteras_red_primaria_porareaplanificable_nivel1	Longitud de red primaria de carretera por área	kilómetros por kilómetros cuadrados	1
49	03_carreteras_red_primaria_porareaplanificable_nivel2	Longitud de red primaria de carretera por área	kilómetros por kilómetros cuadrados	2
50	03_carreteras_red_primaria_porareaplanificable_nivel3	Longitud de red primaria de carretera por área	kilómetros por kilómetros cuadrados	3
51	03_carreteras_red_secundaria_porareaplanificable_nivel1	Longitud de red secundaria de carretera por área	kilómetros por kilómetros cuadrados	1
52	03_carreteras_red_secundaria_porareaplanificable_nivel2	Longitud de red secundaria de carretera por área	kilómetros por kilómetros cuadrados	2
53	03_carreteras_red_secundaria_porareaplanificable_nivel3	Longitud de red secundaria de carretera por área	kilómetros por kilómetros cuadrados	3
54	04_aeropuertos_longitud_pista_nivel1	Total de longitud de pista	metros	1
55	04_aeropuertos_longitud_pista_nivel2	Total de longitud de pista	metros	2
56	04_aeropuertos_longitud_pista_nivel3	Total de longitud de pista	metros	3
57	04_aeropuertos_longitud_pista_porarea_nivel1	Longitud total de pista por área	metros por kilómetros cuadrados	1

Sigue en la página siguiente.

Cuadro A.3 – Continua desde la página previa

No	Nombre	Descripción	Unidad	Nivel
58	04_aeropuertos_longitud_pista_porarea_nivel2	Longitud total de pista por área	metros por kilómetros cuadrados	2
59	04_aeropuertos_longitud_pista_porarea_nivel3	Longitud total de pista por área	metros por kilómetros cuadrados	3
60	04_aeropuertos_cantidad_Internacional	Cantidad de aeropuertos internacionales	cada uno	1
61	04_aeropuertos_cantidad_local	Cantidad de aeropuertos locales	cada uno	1
62	04_aeropuertos_year2005_vuelosgelabert	Cantidad de vuelos 2005 Aeropuerto Gelabert	cada uno	
63	04_aeropuertos_year2006_vuelosgelabert	Cantidad de vuelos 2006 Aeropuerto Gelabert	cada uno	
64	04_aeropuertos_year2007_vuelosgelabert	Cantidad de vuelos 2007 Aeropuerto Gelabert	cada uno	
65	04_aeropuertos_year2008_vuelosgelabert	Cantidad de vuelos 2008 Aeropuerto Gelabert	cada uno	
66	04_aeropuertos_year2009_vuelosgelabert	Cantidad de vuelos 2009 Aeropuerto Gelabert	cada uno	
67	04_aeropuertos_year2010_vuelosgelabert	Cantidad de vuelos 2010 Aeropuerto Gelabert	cada uno	
68	05_ports_totalsecondary	Puertos secundarios	cada uno	
69	05_ports_containers	Terminales portuarias de contenedores	cada uno	
70	05_ports_local	Puertos locales	cada uno	
71	05_ports_general_cargo	Terminal portuaria de carga general	cada uno	
72	05_ports_fuel	Terminal portuaria de combustible	cada uno	
73	05_ports_ro-ro	Terminal portuaria ro-ro	cada uno	
74	05_ports_dry_bulk	Terminal portuaria de carga seca	cada uno	
75	05_ports_passengers	Terminal portuaria de pasajeros	cada uno	
76	05.1_principalports_total	Total de terminales portuarias principales	cada uno	

Sigue en la página siguiente.

Cuadro A.3 – Continua desde la página previa

No	Nombre	Descripción	Unidad	Nivel
77	05.1_principalports _containers	Total de terminales de contenedores principales	cada uno	
78	05.1_principalports _general_cargo	Total de puertos principales de carga general	cada uno	
79	05.1_principalports_ro-ro	Total de puertos principales ro-ro	cada uno	
80	05.1_principalports _bulk_dry	Total de puertos principales carga seca	cada uno	
81	05.1_principalports _bulk_liquid	Total de puertos principales carga liquida	cada uno	
82	05.1_principalports _special_projects	Total de puertos principales especiales	cada uno	
83	05.1_principalports _total_area	Área Total de puertos principales	metros cuadrados	
84	05.1_principalports _calado_minimo	Calado mínimo	metros	
85	05.1_principalports _calado_maximo	Calado máximo	metros	
86	05.1_principalports _total_berths	Cantidad de muelles	cada uno	
87	05.1_principalports _container_berths	Cantidad de muelles para contenedores	cada uno	
88	05.1_principalports_container _berths_lengths	Longitud total de muelles para contenedores	metros	
89	05.1_principalports _ro-ro_berths	Muelles ro-ro	cada uno	
90	05.1_principalports_ro-ro _berths_lengths	Longitud de muelles ro-ro	metros	
91	05.1_principalports _multipurpose_berths	Muelles para multiproposito	cada uno	
92	05.1_principalports _multipurpose_berths_lengths	Longitud de muelles multiproposito	metros	
93	05.1_principalports_container _storage_area	Area de almacenaje de contenedores	hectareas	
94	05.1_principalports_container _storage_capacity	Capacidad de almacenaje de contenedores	TEU's	
95	05.1_principalports_quay _cranes_super_post_panamax	Grúas Porticos Super Post Panamax	cada uno	

Sigue en la página siguiente.

Cuadro A.3 – Continua desde la página previa

No	Nombre	Descripción	Unidad	Nivel
96	05.1_principalports_quay _cranes_post_panamax	Grúas Porticos Post Panamax	cada uno	
97	05.1_principalports_quay _cranes_panamax	Grúas Porticos Panamax	cada uno	
98	05.1_principalports_rubber _tyred_gantry_cranes	Grúas Porticos de Patio (RTG) 6 tiers + 1	cada uno	
99	05.1_principalports_rubber _two_tyred_gantry_cranes	Grúas Porticos de Patio (RTG) 5 tiers + 1	cada uno	
100	05.1_principalports _top_picks	Top picks 5 tiers high	cada uno	
101	05.1_principalports _side_picks	Side picks 8 tiers high	cada uno	
102	05.1_principalports_side _picks_5_tiers_high	Side_picks 5 tiers high	cada uno	
103	05.1_principalports _empty_handlers	Empty container handler	cada uno	
104	05.1_principalports_empty _handlers_two	Empty container handler	cada uno	
105	05.1_principalports_trucks	Trucks	cada uno	
106	05.1_principalports_chassis	Chassis	cada uno	
107	05.1_principalports_forklift	Forklift	cada uno	
108	05.1_principalports _reefer_points	Reefer points	cada uno	
109	05.1_principalports _inbound_lanes	Inbound lanes	cada uno	
110	05.1_principalports _outbound_lanes	Outbound lanes	cada uno	
111	05.1_principalports _inbound_lanes_two	Inbound lanes	cada uno	
112	05.1_principalports _outbound_lanes_two	Outbound lanes	cada uno	
113	05.1_principalports _inbound_lanes_three	Inbound lanes	cada uno	
114	05.1_principalports _outbound_lanes_three	Outbound lanes	cada uno	

Sigue en la página siguiente.

Cuadro A.3 – Continua desde la página previa

No	Nombre	Descripción	Unidad	Nivel
115	06_ferrocarril_longitud_via	Longitud total del ferrocarril	kilómetros	
116	06_ferrocarril_terminal	Terminal de ferrocarril	cada uno	
117	06_ferrocarril_portsassociated	Cantidad de puertos asociados al ferrocarril	cada uno	
118	07_zona_economicas_especiales	Zonas económicas especiales	cada uno	
119	08_parques_logisticos	Parques logísticos	cada uno	
120	09_canalpanama_terminal	Esclusas del canal de Panamá	cada uno	
121	09_canalpanama_paso	Zona de Influencia del Canal de Panamá	Binario si:1; no:2	
122	09.1_canalpanamatransitos_traficocanal_1_2010	Bulk carriers	miles de toneladas netas CP/SUAB	
123	09.1_canalpanamaton_netas_traficocanal_1_2010	Bulk carriers	miles de toneladas netas CP/SUAB	
124	09.1_canalpanamaton_desplazada_traficocanal_1_2010	Bulk carriers	miles de toneladas netas CP/SUAB	
125	09.1_canalpanamapeajes_traficocanal_1_2010	Bulk carriers	miles de toneladas netas CP/SUAB	
126	09.1_canalpanamacarga_traficocanal_1_2010	Bulk carriers	miles de toneladas netas CP/SUAB	
127	09.1_canalpanamatransitos_traficocanal_2_2010	Container cargo	miles de toneladas netas CP/SUAB	
128	09.1_canalpanamaton_netas_traficocanal_2_2010	Container cargo	miles de toneladas netas CP/SUAB	
129	09.1_canalpanamaton_desplazada_traficocanal_2_2010	Container cargo	miles de toneladas netas CP/SUAB	
130	09.1_canalpanamapeajes_traficocanal_2_2010	Container cargo	miles de toneladas netas CP/SUAB	
131	09.1_canalpanamacarga_traficocanal_2_2010	Container cargo	miles de toneladas netas CP/SUAB	
132	09.1_canalpanamatransitos_traficocanal_3_2010	General cargo	miles de toneladas netas CP/SUAB	
133	09.1_canalpanamaton_netas_traficocanal_3_2010	General cargo	miles de toneladas netas CP/SUAB	

Sigue en la página siguiente.

Cuadro A.3 – Continua desde la página previa

No	Nombre	Descripción	Unidad	Nivel
134	09.1_canalpanamaton _desplazada_traficocanal_3_2010	General cargo	miles de toneladas netas CP/SUAB	
135	09.1_canalpanamapeajes _traficocanal_3_2010	General cargo	miles de toneladas netas CP/SUAB	
136	09.1_canalpanamacarga _traficocanal_3_2010	General cargo	miles de toneladas netas CP/SUAB	
137	09.1_canalpanamatransitos _traficocanal_4_2010	Passanger	miles de toneladas netas CP/SUAB	
138	09.1_canalpanamaton_netas _traficocanal_4_2010	Passanger	miles de toneladas netas CP/SUAB	
139	09.1_canalpanamaton _desplazada_traficocanal_4_2010	Passanger	miles de toneladas netas CP/SUAB	
140	09.1_canalpanamapeajes _traficocanal_4_2010	Passanger	miles de toneladas netas CP/SUAB	
141	09.1_canalpanamacarga _traficocanal_4_2010	Passanger	miles de toneladas netas CP/SUAB	
142	09.1_canalpanamatransitos _traficocanal_5_2010	Refrigerated cargo	miles de toneladas netas CP/SUAB	
143	09.1_canalpanamaton_netas _traficocanal_5_2010	Refrigerated cargo	miles de toneladas netas CP/SUAB	
144	09.1_canalpanamaton _desplazada_traficocanal_5_2010	Refrigerated cargo	miles de toneladas netas CP/SUAB	
145	09.1_canalpanamapeajes _traficocanal_5_2010	Refrigerated cargo	miles de toneladas netas CP/SUAB	
146	09.1_canalpanamacarga _traficocanal_5_2010	Refrigerated cargo	miles de toneladas netas CP/SUAB	
147	09.1_canalpanamatransitos _traficocanal_6_2010	Tank	miles de toneladas netas CP/SUAB	
148	09.1_canalpanamaton_netas _traficocanal_6_2010	Tank	miles de toneladas netas CP/SUAB	
149	09.1_canalpanamaton _desplazada_traficocanal_6_2010	Tank	miles de toneladas netas CP/SUAB	
150	09.1_canalpanamapeajes _traficocanal_6_2010	Tank	miles de toneladas netas CP/SUAB	
151	09.1_canalpanamacarga _traficocanal_6_2010	Tank	miles de toneladas netas CP/SUAB	
152	09.1_canalpanamatransitos _traficocanal_7_2010	Naval	miles de toneladas netas CP/SUAB	

Sigue en la página siguiente.

Cuadro A.3 – Continua desde la página previa

No	Nombre	Descripción	Unidad	Nivel
153	09.1_canalpanamaton_netas _traficocanal_7_2010	Naval	miles de toneladas netas CP/SUAB	
154	09.1_canalpanamaton _desplazada_traficocanal_7_2010	Naval	miles de toneladas netas CP/SUAB	
155	09.1_canalpanamapeajes _traficocanal_7_2010	Naval	miles de toneladas netas CP/SUAB	
156	09.1_canalpanamacarga _traficocanal_7_2010	Naval	miles de toneladas netas CP/SUAB	
157	09.1_canalpanamatransitos _traficocanal_8_2010	Barges, dredges...	miles de toneladas netas CP/SUAB	
158	09.1_canalpanamaton_netas _traficocanal_8_2010	Barges, dredges...	miles de toneladas netas CP/SUAB	
159	09.1_canalpanamaton _desplazada_traficocanal_8_2010	Barges, dredges...	miles de toneladas netas CP/SUAB	
160	09.1_canalpanamapeajes _traficocanal_8_2010	Barges, dredges...	miles de toneladas netas CP/SUAB	
161	09.1_canalpanamacarga _traficocanal_8_2010	Barges, dredges...	miles de toneladas netas CP/SUAB	

Cuadro A.4: Variables Económicas de Estudio.

No	Nombre	Descripción	Unidad	Año	Nivel
162	10_pib_total_pib2011	PIB total	Millones de dólares	2011	
163	10_pib_total_pib2011 _percapita	PIB total	Millones de dólares por habitante	2011	
164	10_pib_density _pib2011_nivel1	Densidad del PIB	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	1
165	10_pib_density _pib2011_nivel2	Densidad del PIB	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	2
166	10_pib_density _pib2011_nivel3	Densidad del PIB	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	3
167	10_pib_agro_ganaderia _silvicultura_pib2011	PIB agro, ganaderia y silvicultura	Millones de dólares	2011	
168	10_pib_density_agro_ganaderia _silvicultura_pib2011_nivel1	Densidad del PIB agro, ganaderia y silvicultura	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	1
169	10_pib_density_agro_ganaderia _silvicultura_pib2011_nivel2	Densidad del PIB agro, ganaderia y silvicultura	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	2
170	10_pib_density_agro_ganaderia _silvicultura_pib2011_nivel3	Densidad del PIB agro, ganaderia y silvicultura	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	3
171	10_pib_pesca_pib2011	PIB pesca	Millones de dólares	2011	
172	10_pib_density_pesca _pib2011_nivel1	Densidad del PIB pesca	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	1
173	10_pib_density_pesca_ pib2011_nivel2	Densidad del PIB pesca	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	2
174	10_pib_density_pesca_ pib2011_nivel3	Densidad del PIB pesca	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	3
175	10_pib_minas_canteras _pib2011	PIB minas y canteras	Millones de dólares	2011	
176	10_pib_density_minas_canteras _pib2011_nivel1	Densidad del PIB minas y canteras	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	1
177	10_pib_density_minas_canteras _pib2011_nivel2	Densidad del PIB minas y canteras	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	2
178	10_pib_density_minas_canteras _pib2011_nivel3	Densidad del PIB minas y canteras	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	3
179	10_pib_industrias _manufactureras_pib2011	PIB industrias manufactureras	Millones de dólares	2011	

Sigue en la página siguiente.

Cuadro A.4 – Continúa desde la página previa

No	Nombre	Descripción	Unidad	Año	Nivel
180	10_pib_density_industrias _manufactur_pib2011_nivel1	Densidad del PIB industrias manufactureras	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	1
181	10_pib_density_industrias _manufactur_pib2011_nivel2	Densidad del PIB industrias manufactureras	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	2
182	10_pib_density_industrias _manufactur_pib2011_nivel3	Densidad del PIB industrias manufactureras	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	3
183	10_pib_electricidad_gas _agua_pib2011	PIB electricidad, gas y agua	Millones de dólares	2011	
184	10_pib_density_electricidad _gas_agua_pib2011_nivel1	Densidad del PIB electricidad, gas y agua	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	1
185	10_pib_density_electricidad _gas_agua_pib2011_nivel2	Densidad del PIB electricidad, gas y agua	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	2
186	10_pib_density_electricidad _gas_agua_pib2011_nivel3	Densidad del PIB electricidad, gas y agua	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	3
187	10_pib_construccion _pib2011	PIB construcción	Millones de dólares	2011	
188	10_pib_density_construccion _pib2011_nivel1	Densidad del PIB construcción	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	1
189	10_pib_density_construccion _pib2011_nivel2	Densidad del PIB construcción	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	2
190	10_pib_density_construccion _pib2011_nivel3	Densidad del PIB construcción	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	3
191	10_pib_comercio _mayor_menor_pib2011	PIB comercio mayor y menor	Millones de dólares	2011	
192	10_pib_density_comercio _mayor_menor_pib2011_nivel1	Densidad del PIB comercio mayor y menor	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	1
193	10_pib_density_comercio _mayor_menor_pib2011_nivel2	Densidad del PIB comercio mayor y menor	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	2
194	10_pib_density_comercio _mayor_menor_pib2011_nivel3	Densidad del PIB comercio mayor y menor	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	3
195	10_pib_hoteles_y _restaurantes_pib2011	PIB hoteles y restaurantes	Millones de dólares	2011	
196	10_pib_density_hoteles_y _restaurantes_pib2011_nivel1	Densidad del PIB hoteles y restaurantes	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	1
197	10_pib_density_hoteles_y _restaurantes_pib2011_nivel2	Densidad del PIB hoteles y restaurantes	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	2
198	10_pib_density_hoteles_y _restaurantes_pib2011_nivel3	Densidad del PIB hoteles y restaurantes	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	3

Sigue en la página siguiente.

Cuadro A.4 – Continúa desde la página previa

No	Nombre	Descripción	Unidad	Año	Nivel
199	10_pib_transport_pib2011	PIB transporte	Millones de dólares	2011	
200	10_pib_density_transport_pib2011_nivel1	Densidad del PIB transporte	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	1
201	10_pib_density_transport_pib2011_nivel2	Densidad del PIB transporte	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	2
202	10_pib_density_transport_pib2011_nivel3	Densidad del PIB transporte	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	3
203	10_pib_inter_financiera_pib2011	PIB inter financiera	Millones de dólares	2011	
204	10_pib_density_inter_financiera_pib2011_nivel1	Densidad del PIB inter financiera	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	1
205	10_pib_density_inter_financiera_pib2011_nivel2	Densidad del PIB inter financiera	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	2
206	10_pib_density_inter_financiera_pib2011_nivel3	Densidad del PIB inter financiera	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	3
207	10_pib_inmo_empre_alquiler_pib2011	PIB inmobiliaria, empresarial y alquiler	Millones de dólares	2011	
208	10_pib_density_inmo_empre_alquiler_pib2011_nivel1	Densidad del PIB inmo., empresarial y alquiler	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	1
209	10_pib_density_inmo_empre_alquiler_pib2011_nivel2	Densidad del PIB inmo., empresarial y alquiler	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	2
210	10_pib_density_inmo_empre_alquiler_pib2011_nivel3	Densidad del PIB inmo., empresarial y alquiler	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	3
211	10_pib_ensenanza_privada_pib2011	PIB enseñanza privada	Millones de dólares	2011	
212	10_pib_density_ensenanza_privada_pib2011_nivel1	Densidad del PIB enseñanza privada	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	1
213	10_pib_density_ensenanza_privada_pib2011_nivel2	Densidad del PIB enseñanza privada	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	2
214	10_pib_density_ensenanza_privada_pib2011_nivel3	Densidad del PIB enseñanza privada	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	3
215	10_pib_serv_social_salud_priv_pib2011	PIB serv. social salud privada	Millones de dólares	2011	
216	10_pib_density_serv_social_salud_priv_pib2011_nivel1	Densidad del PIB serv. social salud priv.	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	1
217	10_pib_density_serv_social_salud_priv_pib2011_nivel2	Densidad del PIB serv. social salud priv.	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	2

Sigue en la página siguiente.

Cuadro A.4 – Continúa desde la página previa

No	Nombre	Descripción	Unidad	Año	Nivel
218	10_pib_density_serv_social_salud_priv_pib2011_nivel3	Densidad del PIB serv. social salud priv.	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	3
219	10_pib_act_comunitarias_pib2011	PIB act comunitarias	Millones de dólares	2011	
220	10_pib_density_act_comunitarias_pib2011_nivel1	Densidad del PIB act. comunitarias	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	1
221	10_pib_density_act_comunitarias_pib2011_nivel2	Densidad del PIB act. comunitarias	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	2
222	10_pib_density_act_comunitarias_pib2011_nivel3	Densidad del PIB act. comunitarias	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	3
223	10_pib_menos_pib2011	PIB menos	Millones de dólares	2011	
224	10_pib_density_menos_pib2011_nivel1	Densidad del PIB menos	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	1
225	10_pib_density_menos_pib2011_nivel2	Densidad del PIB menos	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	2
226	10_pib_density_menos_pib2011_nivel3	Densidad del PIB menos	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	3
227	10_pib_gobierno_pib2011	PIB gobierno	Millones de dólares	2011	
228	10_pib_density_gobierno_pib2011_nivel1	Densidad del PIB gobierno	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	1
229	10_pib_density_gobierno_pib2011_nivel2	Densidad del PIB gobierno	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	2
230	10_pib_density_gobierno_pib2011_nivel3	Densidad del PIB gobierno	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	3
231	10_pib_serv_domesticos_pib2011	PIB serv domésticos	Millones de dólares	2011	
232	10_pib_density_serv_domesticos_pib2011_nivel1	Densidad del PIB serv. domésticos	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	1
233	10_pib_density_serv_domesticos_pib2011_nivel2	Densidad del PIB serv. domésticos	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	2
234	10_pib_density_serv_domesticos_pib2011_nivel3	Densidad del PIB serv. domésticos	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	3
235	10_pib_mas_pib2011	PIB más	Millones de dólares	2011	
236	10_pib_density_mas_pib2011_nivel1	Densidad del PIB más	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	1

Sigue en la página siguiente.

Cuadro A.4 – Continúa desde la página previa

No	Nombre	Descripción	Unidad	Año	Nivel
237	10_pib_density _mas_pib2011_nivel2	PIB density más	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	2
238	10_pib_density _mas_pib2011_nivel3	Densidad del PIB más	Millones de dólares por kilometro cuadrado	2011	3

CAPÍTULO

B

Anexo 2

Cuadro B.1: Tabla de inferencia 1.

id_variable	Nombre	Descripción	Unidad	Inferencia_a_priori
3	01_pob_division2	Nivel intermedio de división territorial (68 unidades territoriales)	s/u	<p>Razón de probabilidad: La clasificación de los valores por orden decreciente de probabilidad es</p> <p>Posición 0 → Estado: “s3” es 1,17 veces más probable que el estado “s2” es 1,20 veces más probable que el estado “s1” es 1,62 veces más probable que el estado “s4”</p> <p>Posición 1 → Estado: “s2” es 1,02 veces más probable que el estado “s1” es 1,38 veces más probable que el estado “s4”</p> <p>Posición 2 → Estado: “s1” es 1,35 veces más probable que el estado “s4”</p> <p>Posición 3 → Estado: “s4”</p>
4	01_pob_division3	Nivel máximo de división territorial (15 unidades territoriales)	s/u	<p>Razón de probabilidad: La clasificación de los valores por orden decreciente de probabilidad es</p> <p>Posición 0 → Estado: “s2” es 1,66 veces más probable que el estado “s1” es 1,89 veces más probable que el estado “s3” es 3,92 veces más probable que el estado “s4”</p> <p>Posición 1 → Estado: “s1” es 1,14 veces más probable que el estado “s3” es 2,37 veces más probable que el estado “s4”</p> <p>Posición 2 → Estado: “s3” es 2,08 veces más probable que el estado “s4”</p> <p>Posición 3 → Estado: “s4”</p>

Sigue en la página siguiente.

Cuadro B.1 – Continua desde la página previa

id_variable	Nombre	Descripción	Unidad	Nivel
6	01_pob_2010_nivel2	Población total del nivel 2 en el 2010	Personas	<p>Razón de probabilidad: La clasificación de los valores por orden decreciente de probabilidad es Posición 0 → Estado: “s2” es 1,18 veces más probable que el estado “s1” es 1,20 veces más probable que el estado “s4” es 1,39 veces más probable que el estado “s3” Posición 1 → Estado: “s1” es 1,01 veces más probable que el estado “s4” es 1,18 veces más probable que el estado “s3” Posición 2 → Estado: “s4” es 1,17 veces más probable que el estado “s3” Posición 3 → Estado: “s3”</p>
7	01_pob_2010_nivel3	Población total del nivel 3 en el 2010	Personas	<p>Razón de probabilidad: La clasificación de los valores por orden decreciente de probabilidad es Posición 0 → Estado: “s2” es 1,60 veces más probable que el estado “s1” es 1,97 veces más probable que el estado “s4” Posición 1 → Estado: “s1” es 1,24 veces más probable que el estado “s4” Posición 2 → Estado: “s4”</p>
8	01_pob_2010_nivel3	Población total del nivel 3 en el 2010	Personas	<p>Razón de probabilidad: Menor que 1, lo que implica que el estado “s2” es más probable que el estado “s1”. Concretamente, 1,85 veces</p>
10	01_pob_densidad2010_nivel2	Densidad de población	Personas por	<p>Razón de probabilidad: La clasificación de los valores por orden</p>

Sigue en la página siguiente.

Cuadro B.1 – Continua desde la página previa

id_variable	Nombre	Descripción	Unidad	Nivel
		nivel 2 en el 2010	kilometro cuadrado	decreciente de probabilidad es Posición 0 → Estado: “s2” es 1,10 veces más probable que el estado “s1” es 1,11 veces más probable que el estado “s3” es 1,21 veces más probable que el estado “s4” Posición 1 → Estado: “s1” es 1,00 veces más probable que el estado “s3” es 1,10 veces más probable que el estado “s4” Posición 2 → Estado: “s3” es 1,09 veces más probable que el estado “s4” Posición 3 → Estado: “s4”
11	01_pob_densidad2010 _nivel3	Densidad de población nivel 3 en el 2010	Personas por kilometro cuadrado	Razón de probabilidad: La clasificación de los valores por orden decreciente de probabilidad es Posición 0 → Estado: “s2” es 1,54 veces más probable que el estado “s1” es 1,85 veces más probable que el estado “s4” es 3,90 veces más probable que el estado “s3” Posición 1 → Estado: “s1” es 1,20 veces más probable que el estado “s4” es 2,53 veces más probable que el estado “s3” Posición 2 → Estado: “s4” es 2,11 veces más probable que el estado “s3” Posición 3 → Estado: “s3”
12	01_pob_hombre2010 _nivel1	Cantidad de hombres por nivel 1 en el 2010	Personas	Razón de probabilidad: La clasificación de los valores por orden decreciente de probabilidad es Posición 0 → Estado: “s1”

Sigue en la página siguiente.

Cuadro B.1 – Continua desde la página previa

id_variable	Nombre	Descripción	Unidad	Nivel
				<p>es 1,00 veces más probable que el estado “s2” es 1,04 veces más probable que el estado “s4” es 1,11 veces más probable que el estado “s3” Posición 1 → Estado: “s2” es 1,04 veces más probable que el estado “s4” es 1,11 veces más probable que el estado “s3” Posición 2 → Estado: “s4” es 1,07 veces más probable que el estado “s3” Posición 3 → Estado: “s3”</p>
13	01_pob_mujeres2010_nivel1	Cantidad de mujeres por nivel 1 en el 2010	Personas	<p>Razón de probabilidad: La clasificación de los valores por orden decreciente de probabilidad es Posición 0 → Estado: “s1” es 1,00 veces más probable que el estado “s2” es 1,04 veces más probable que el estado “s4” es 1,10 veces más probable que el estado “s3” Posición 1 → Estado: “s2” es 1,03 veces más probable que el estado “s4” es 1,10 veces más probable que el estado “s3” Posición 2 → Estado: “s4” es 1,06 veces más probable que el estado “s3” Posición 3 → Estado: “s3”</p>
16	01_pob_tercero_primaria2010_nivel1	Cantidad de personas mayores de 10 años con un nivel de educación menor de tercer grado	Personas	<p>Razón de probabilidad: La clasificación de los valores por orden decreciente de probabilidad es Posición 0 → Estado: “s2” es 1,06 veces más probable que el estado “s3” es 1,06 veces más probable que el estado “s1”</p>

Sigue en la página siguiente.

Cuadro B.1 – Continúa desde la página previa

id_variable	Nombre	Descripción	Unidad	Nivel
		de primaria por nivel 1 en el 2010		es 1,07 veces más probable que el estado “s4” Posición 1 → Estado: “s3” es 1,00 veces más probable que el estado “s1” es 1,01 veces más probable que el estado “s4” Posición 2 → Estado: “s1” es 1,01 veces más probable que el estado “s4” Posición 3 → Estado: “s4”
18	01_pob_actividades_agro2010_nivel1	Cantidad de personas mayores de 10 años ocupados en actividades agropecuarias por nivel 1 en el 2010	Personas	Razón de probabilidad: La clasificación de los valores por orden decreciente de probabilidad es Posición 0 → Estado: “s3” es 1,02 veces más probable que el estado “s2” es 1,09 veces más probable que el estado “s1” es 1,13 veces más probable que el estado “s4” Posición 1 → Estado: “s2” es 1,07 veces más probable que el estado “s1” es 1,10 veces más probable que el estado “s4” Posición 2 → Estado: “s1” es 1,03 veces más probable que el estado “s4” Posición 3 → Estado: “s4”
19	01_pob_desocupados2010_nivel1	Cantidad de personas mayores de 10 años desocupados por nivel 1 en el 2010	Personas	Razón de probabilidad: La clasificación de los valores por orden decreciente de probabilidad es Posición 0 → Estado: “s1” es 1,08 veces más probable que el estado “s4” es 1,11 veces más probable que el estado “s3” es 1,11 veces más probable que el estado “s2” Posición 1 → Estado: “s4”

Sigue en la página siguiente.

Cuadro B.1 – Continua desde la página previa

id_variable	Nombre	Descripción	Unidad	Nivel
				es 1,03 veces más probable que el estado “s3” es 1,04 veces más probable que el estado “s2” Posición 2 → Estado: “s3” es 1,01 veces más probable que el estado “s2” Posición 3 → Estado: “s2”
27	01_pob_densidad2000_nivel1	Densidad de población nivel 1 en el 2000	Personas por kilometro cuadrado	Razón de probabilidad: La clasificación de los valores por orden decreciente de probabilidad es Posición 0 → Estado: “s3” es 1,01 veces más probable que el estado “s4” es 1,04 veces más probable que el estado “s1” es 1,05 veces más probable que el estado “s2” Posición 1 → Estado: “s4” es 1,03 veces más probable que el estado “s1” es 1,04 veces más probable que el estado “s2” Posición 2 → Estado: “s1” es 1,01 veces más probable que el estado “s2” Posición 3 → Estado: “s2”
28	02_area_total_nivel1	Densidad de población nivel 1 en el 2010	kilometro cuadrado	Razón de probabilidad: La clasificación de los valores por orden decreciente de probabilidad es Posición 0 → Estado: “s2” es 1,09 veces más probable que el estado “s3” es 1,16 veces más probable que el estado “s4” es 1,19 veces más probable que el estado “s1” Posición 1 → Estado: “s3” es 1,06 veces más probable que el estado “s4” es 1,09 veces más probable que el estado “s1”

Sigue en la página siguiente.

Cuadro B.1 – Continua desde la página previa

id_variable	Nombre	Descripción	Unidad	Nivel
				Posición 2 → Estado: “s4” es 1,03 veces más probable que el estado “s1” Posición 3 → Estado: “s1”
29	02_area_total_nivel2	Densidad de población nivel 2 en el 2010	kilometro cuadrado	Razón de probabilidad: La clasificación de los valores por orden decreciente de probabilidad es Posición 0 → Estado: “s1” es 1,01 veces más probable que el estado “s2” es 1,02 veces más probable que el estado “s4” es 1,17 veces más probable que el estado “s3” Posición 1 → Estado: “s2” es 1,02 veces más probable que el estado “s4” es 1,17 veces más probable que el estado “s3” Posición 2 → Estado: “s4” es 1,15 veces más probable que el estado “s3” Posición 3 → Estado: “s3”
30	02_area_total_nivel3	Densidad de población nivel 3 en el 2010	kilometro cuadrado	Razón de probabilidad: La clasificación de los valores por orden decreciente de probabilidad es Posición 0 → Estado: “s1” es 1,17 veces más probable que el estado “s2” es 1,55 veces más probable que el estado “s4” es 6,72 veces más probable que el estado “s3” Posición 1 → Estado: “s2” es 1,32 veces más probable que el estado “s4” es 5,74 veces más probable que el estado “s3” Posición 2 → Estado: “s4” es 4,34 veces más probable que el estado “s3”

Sigue en la página siguiente.

Cuadro B.1 – Continua desde la página previa

id_variable	Nombre	Descripción	Unidad	Nivel
36	02_areas_protegidas_nivel3	Área protegida en kilómetros cuadrados por nivel 3	kilometro cuadrado	<p>Posición 3 → Estado: “s3”</p> <p>Razón de probabilidad: La clasificación de los valores por orden decreciente de probabilidad es</p> <p>Posición 0 → Estado: “s1” es 1,10 veces más probable que el estado “s3” es 2,54 veces más probable que el estado “s2” es 2,78 veces más probable que el estado “s4”</p> <p>Posición 1 → Estado: “s3” es 2,32 veces más probable que el estado “s2” es 2,54 veces más probable que el estado “s4”</p> <p>Posición 2 → Estado: “s2” es 1,09 veces más probable que el estado “s4”</p> <p>Posición 3 → Estado: “s4”</p>
37	02_area_planificable_nivel1	Área planificable en kilómetros cuadrados por nivel 1	kilometro cuadrado	<p>Razón de probabilidad: La clasificación de los valores por orden decreciente de probabilidad es</p> <p>Posición 0 → Estado: “s3” es 1,06 veces más probable que el estado “s2” es 1,13 veces más probable que el estado “s1” es 1,25 veces más probable que el estado “s4”</p> <p>Posición 1 → Estado: “s2” es 1,07 veces más probable que el estado “s1” es 1,18 veces más probable que el estado “s4”</p> <p>Posición 2 → Estado: “s1” es 1,10 veces más probable que el estado “s4”</p> <p>Posición 3 → Estado: “s4”</p>
39	02_area_planificable	Área planificable	kilometro	Razón de probabilidad:

Sigue en la página siguiente.

Cuadro B.1 – Continua desde la página previa

id_variable	Nombre	Descripción	Unidad	Nivel
	_nivel3	en kilómetros cuadrados por nivel 3	cuadrado	La clasificación de los valores por orden decreciente de probabilidad es Posición 0 → Estado: “s2” es 1,08 veces más probable que el estado “s1” es 1,62 veces más probable que el estado “s4” Posición 1 → Estado: “s1” es 1,50 veces más probable que el estado “s4” Posición 2 → Estado: “s4”
40	03_carreteras_red_primaria_nivel1	Longitud total de carretera de red primaria en kilómetros cuadrados por nivel 1	kilómetros	Razón de probabilidad: La clasificación de los valores por orden decreciente de probabilidad es Posición 0 → Estado: “s2” es 1,02 veces más probable que el estado “s3” es 1,13 veces más probable que el estado “s1” es 1,13 veces más probable que el estado “s4” Posición 1 → Estado: “s3” es 1,10 veces más probable que el estado “s1” es 1,11 veces más probable que el estado “s4” Posición 2 → Estado: “s1” es 1,00 veces más probable que el estado “s4” Posición 3 → Estado: “s4”
41	03_carreteras_red_primaria_nivel2	Longitud total de carretera de red primaria en kilómetros cuadrados por nivel 2	kilómetros	Razón de probabilidad: La clasificación de los valores por orden decreciente de probabilidad es Posición 0 → Estado: “s2” es 1,04 veces más probable que el estado “s4” es 1,11 veces más probable que el estado “s3” es 1,21 veces más probable que el estado “s1”

Sigue en la página siguiente.

Cuadro B.1 – Continua desde la página previa

id_variable	Nombre	Descripción	Unidad	Nivel
				Posición 1 → Estado: “s4” es 1,07 veces más probable que el estado “s3” es 1,17 veces más probable que el estado “s1” Posición 2 → Estado: “s3” es 1,09 veces más probable que el estado “s1” Posición 3 → Estado: “s1”
42	03_carreteras_red_primaria_nivel3	Longitud total de carretera de red primaria en kilómetros cuadrados por nivel 3	kilómetros	Razón de probabilidad: La clasificación de los valores por orden decreciente de probabilidad es Posición 0 → Estado: “s1” es 1,91 veces más probable que el estado “s3” es 2,00 veces más probable que el estado “s4” es 4,01 veces más probable que el estado “s2” Posición 1 → Estado: “s3” es 1,04 veces más probable que el estado “s4” es 2,10 veces más probable que el estado “s2” Posición 2 → Estado: “s4” es 2,01 veces más probable que el estado “s2” Posición 3 → Estado: “s2”
43	03_carreteras_red_primaria_por_provincia	Longitud total de carretera de red primaria en kilómetros por provincia	kilómetros	Razón de probabilidad: Menor que 1, lo que implica que el estado “s2” es más probable que el estado “s1”. Concretamente, 2,66 veces
44	03_carreteras_red_secundaria_nivel1	Longitud total de carretera de red secundaria en kilómetros	kilómetros	Razón de probabilidad: La clasificación de los valores por orden decreciente de probabilidad es Posición 0 → Estado: “s3”

Sigue en la página siguiente.

Cuadro B.1 – Continua desde la página previa

id_variable	Nombre	Descripción	Unidad	Nivel
		por nivel 1		<p>es 1,04 veces más probable que el estado “s2” es 1,14 veces más probable que el estado “s1” es 1,32 veces más probable que el estado “s4” Posición 1 → Estado: “s2” es 1,10 veces más probable que el estado “s1” es 1,27 veces más probable que el estado “s4” Posición 2 → Estado: “s1” es 1,15 veces más probable que el estado “s4” Posición 3 → Estado: “s4”</p>
45	03_carreteras_red _secundaria_nivel2	Longitud total de carretera de red secundaria en kilómetros por nivel 2	kilómetros	<p>Razón de probabilidad: La clasificación de los valores por orden decreciente de probabilidad es Posición 0 → Estado: “s2” es 1,09 veces más probable que el estado “s1” es 1,18 veces más probable que el estado “s4” es 1,56 veces más probable que el estado “s3” Posición 1 → Estado: “s1” es 1,08 veces más probable que el estado “s4” es 1,42 veces más probable que el estado “s3” Posición 2 → Estado: “s4” es 1,32 veces más probable que el estado “s3” Posición 3 → Estado: “s3”</p>
54	04_aeropuertos _longitud_pista _nivel1	Longitud total de pistas en metros por nivel 1	metros	<p>Razón de probabilidad: Menor que 1, lo que implica que el estado “s1” es más probable que el estado “s4”. Concretamente, 2,84 veces</p>

Sigue en la página siguiente.

Cuadro B.1 – Continua desde la página previa

id_variable	Nombre	Descripción	Unidad	Nivel
55	04_aeropuertos_longitud_pista_nivel2	Longitud total de pistas en metros por nivel 2	metros	Razón de probabilidad: La clasificación de los valores por orden decreciente de probabilidad es Posición 0 → Estado: “s1” es 1,86 veces más probable que el estado “s4” es 2,38 veces más probable que el estado “s3” Posición 1 → Estado: “s4” es 1,28 veces más probable que el estado “s3” Posición 2 → Estado: “s3”
56	04_aeropuertos_longitud_pista_nivel3	Longitud total de pistas en metros por nivel 3	metros	Razón de probabilidad: La clasificación de los valores por orden decreciente de probabilidad es Posición 0 → Estado: “s2” es 1,46 veces más probable que el estado “s4” es 1,80 veces más probable que el estado “s1” es 2,37 veces más probable que el estado “s3” Posición 1 → Estado: “s4” es 1,24 veces más probable que el estado “s1” es 1,63 veces más probable que el estado “s3” Posición 2 → Estado: “s1” es 1,31 veces más probable que el estado “s3” Posición 3 → Estado: “s3”
59	04_aeropuertos_longitud_pista_porarea_nivel3	Índice de longitud de pistas por área en metros por kilómetros cuadrados	metros por kilómetro cuadrado	Razón de probabilidad: La clasificación de los valores por orden decreciente de probabilidad es Posición 0 → Estado: “s2” es 1,34 veces más probable que el estado “s1” es 1,41 veces más probable que el estado “s4”

Sigue en la página siguiente.

Cuadro B.1 – Continua desde la página previa

id_variable	Nombre	Descripción	Unidad	Nivel
		por nivel 3		es 2,20 veces más probable que el estado “s3” Posición 1 → Estado: “s1” es 1,05 veces más probable que el estado “s4” es 1,65 veces más probable que el estado “s3” Posición 2 → Estado: “s4” es 1,56 veces más probable que el estado “s3” Posición 3 → Estado: “s3”
60	04_aeropuertos_cantidad_Internacional	Cantidad total de aeropuertos internacional por nivel 1	cada uno	Razón de probabilidad: Mayor que 1, lo que implica que el estado “s1” es más probable que el estado “s4”. Concretamente, 89,00 veces
61	04_aeropuertos_cantidad_local	Cantidad total de aeropuertos locales por nivel 1	cada uno	Razón de probabilidad: Menor que 1, lo que implica que el estado “s1” es más probable que el estado “s4”. Concretamente, 2,87 veces
62	04_aeropuertos_year2005_vuelosgelabert	Cantidad total de vuelos desde el aeropuerto Gelabert hacia las unidades territoriales por nivel 1 en el 2005	cada uno	Razón de probabilidad: Menor que 1, lo que implica que el estado “s1” es más probable que el estado “s4”. Concretamente, 9,75 veces
63	04_aeropuertos_year2006_vuelosgelabert	Cantidad total de vuelos desde el aeropuerto Gelabert hacia las unidades	cada uno	Razón de probabilidad: Menor que 1, lo que implica que el estado “s1” es más probable que el estado “s4”. Concretamente, 9,51 veces

Sigue en la página siguiente.

Cuadro B.1 – Continua desde la página previa

id_variable	Nombre	Descripción	Unidad	Nivel
		territoriales por nivel 1 en el 2006		
67	04_aeropuertos_year2010 _vuelosgelabert	Cantidad total de vuelos desde el aeropuerto Gelabert hacia las unidades territoriales por nivel 1 en el 2010	cada uno	Razón de probabilidad: Menor que 1, lo que implica que el estado “s1” es más probable que el estado “s4”. Concretamente, 12,04 veces
68	05_ports_totalsecondary	Total de puertos secundarios por nivel 1	cada uno	Razón de probabilidad: Menor que 1, lo que implica que el estado “s1” es más probable que el estado “s4”. Concretamente, 5,94 veces
69	05_ports_containers	Total de puertos de contenedores por nivel 1	cada uno	Razón de probabilidad: Menor que 1, lo que implica que el estado “s1” es más probable que el estado “s4”. Concretamente, 22,55 veces
70	05_ports_local	Total de puertos locales por nivel 1	cada uno	Razón de probabilidad: Menor que 1, lo que implica que el estado “s1” es más probable que el estado “s4”. Concretamente, 8,87 veces
71	05_ports_general_cargo	Total de puertos de carga general por nivel 1	cada uno	Razón de probabilidad: Menor que 1, lo que implica que el estado “s1” es más probable que el estado “s4”. Concretamente, 6,41 veces
73	05_ports_roro	Total de	cada uno	Razón de probabilidad:

Sigue en la página siguiente.

Cuadro B.1 – Continua desde la página previa

id_variable	Nombre	Descripción	Unidad	Nivel
		puertos ro-ro por nivel 1		Mayor que 1, lo que implica que el estado “s1” es más probable que el estado “s4”. Concretamente, 36,50 veces
76	05.1_principalports_total	Total de puertos principales por nivel 1	cada uno	Razón de probabilidad: Mayor que 1, lo que implica que el estado “s1” es más probable que el estado “s4”. Concretamente, 27,85 veces
88	05.1_principalports _container_berths _lengths	Largo total de muelles para contenedores en metros de puertos principales por nivel 1	metros	Razón de probabilidad: Mayor que 1, lo que implica que el estado “s1” es más probable que el estado “s4”. Concretamente, 37,09 veces
164	10_pib_density_pib2011 _nivel1	Densidad del PIB 2011 por nivel 1	Millones de dólares por kilometro cuadrado	Razón de probabilidad: La clasificación de los valores por orden decreciente de probabilidad es Posición 0 → Estado: “s2” es 1,11 veces más probable que el estado “s1” es 1,14 veces más probable que el estado “s3” es 1,15 veces más probable que el estado “s4” Posición 1 → Estado: “s1” es 1,03 veces más probable que el estado “s3” es 1,04 veces más probable que el estado “s4” Posición 2 → Estado: “s3” es 1,01 veces más probable que el estado “s4” Posición 3 → Estado: “s4”
166	10_pib_density_pib2011	Densidad	Millones de	Razón de probabilidad:

Sigue en la página siguiente.

Cuadro B.1 – Continua desde la página previa

id_variable	Nombre	Descripción	Unidad	Nivel
	_nivel3	del PIB 2011 por nivel 3	dólares por kilometro cuadrado	La clasificación de los valores por orden decreciente de probabilidad es Posición 0 → Estado: “s2” es 1,49 veces más probable que el estado “s1” es 1,82 veces más probable que el estado “s4” es 4,04 veces más probable que el estado “s3” Posición 1 → Estado: “s1” es 1,22 veces más probable que el estado “s4” es 2,71 veces más probable que el estado “s3” Posición 2 → Estado: “s4” es 2,21 veces más probable que el estado “s3” Posición 3 → Estado: “s3”
167	10_pib_agro_ganaderia _silvicultura_pib2011	PIB Agro y ganaderia y silvicultura por provincia 2011	Millones de dólares	Razón de probabilidad: La clasificación de los valores por orden decreciente de probabilidad es Posición 0 → Estado: “s2” es 2,55 veces más probable que el estado “s1” es 5,03 veces más probable que el estado “s4” Posición 1 → Estado: “s1” es 1,98 veces más probable que el estado “s4” Posición 2 → Estado: “s4”
175	10_pib_minas_canteras _pib2011	PIB minas y canteras por provincia 2011	Millones de dólares	Razón de probabilidad: Menor que 1, lo que implica que el estado “s2” es más probable que el estado “s1”. Concretamente, 2,08 veces
191	10_pib_comercio_mayor _menor_pib2011	PIB comercio mayor y menor por provincia	Millones de dólares	Razón de probabilidad: La clasificación de los valores por orden decreciente de probabilidad es

Sigue en la página siguiente.

Cuadro B.1 – Continúa desde la página previa

id_variable	Nombre	Descripción	Unidad	Nivel
		2011		Posición 0 → Estado: “s2” es 2,03 veces más probable que el estado “s1” es 4,65 veces más probable que el estado “s4” Posición 1 → Estado: “s1” es 2,29 veces más probable que el estado “s4” Posición 2 → Estado: “s4”
195	10_pib_hoteles_y_restaurantes_pib2011	PIB hoteles y restaurantes por provincia 2011	Millones de dólares	Razón de probabilidad: Menor que 1, lo que implica que el estado “s2” es más probable que el estado “s1”. Concretamente, 1,83 veces

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO

C

Anexo 3

Relaciones de la red (Network Relationships)

```
// Bayesian Network
//

bnet "" {

// Network Properties

kindofgraph = "directed";
visualprecision = "0.00";
version = 1.0;
default
node
states = ("present" , "absent");
```

Variables

```
node s3(finite-states) {
title = "s3";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x = 53;
pos_y = 39;
relevance = 7.0;
purpose = "";
num-states = 4;
states = ("s1" "s2" "s3" "s4");
}
```

```
node s4(finite-states) {
title = "s4";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x = 238;
pos_y = 74;
relevance = 7.0;
purpose = "";
num-states = 4;
states = ("s1" "s2" "s3" "s4");
}
```

```
node s6(finite-states) {
title = "s6";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x = 455;
```

```
pos.y=31;
relevance = 7.0;
purpose = " ";
num-states = 4;
states = ("s1" "s3" "s2" "s4");
}
```

```
node s7(finite-states) {
title = "s7";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos.x=488;
pos.y=97;
relevance = 7.0;
purpose = " ";
num-states = 3;
states = ("s1" "s2" "s4");
}
```

```
node s8(finite-states) {
title = "s8";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos.x=500;
pos.y=160;
relevance = 7.0;
purpose = " ";
num-states = 2;
states = ("s1" "s2");
}
```

```
node s10(finite-states) {
title = "s10";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos.x=868;
pos.y=354;
relevance = 7.0;
purpose = " ";
num-states = 4;
states = ("s1" "s3" "s2" "s4");
}
```

```
node s11(finite-states) {
title = "s11";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos.x=195;
pos.y=393;
relevance = 7.0;
```

```
purpose = “ ”;  
num-states = 4;  
states = (“s2” “s1” “s3” “s4”);  
}
```

```
node s12(finite-states) {  
title = “s12”;  
kind-of-node = chance;  
type-of-variable = finite-states;  
pos_x =957;  
pos_y =237;  
relevance = 7.0;  
purpose = “ ”;  
num-states = 4;  
states = (“s3” “s4” “s2” “s1”);  
}
```

```
node s13(finite-states) {  
title = “s13”;  
kind-of-node = chance;  
type-of-variable = finite-states;  
pos_x =989;  
pos_y =158;  
relevance = 7.0;  
purpose = “ ”;  
num-states = 4;  
states = (“s3” “s4” “s2” “s1”);  
}
```

```
node s16(finite-states) {  
title = “s16”;  
kind-of-node = chance;  
type-of-variable = finite-states;  
pos_x =883;  
pos_y =259;  
relevance = 7.0;  
purpose = “ ”;  
num-states = 4;  
states = (“s4” “s3” “s2” “s1”);  
}
```

```
node s18(finite-states) {  
title = “s18”;  
kind-of-node = chance;  
type-of-variable = finite-states;  
pos_x =611;  
pos_y =63;  
relevance = 7.0;  
purpose = “ ”;  
num-states = 4;
```

```
states = ("s3" "s4" "s1" "s2");
}
```

```
node s19(finite-states) {
title = "s19";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x = 902;
pos_y = 176;
relevance = 7.0;
purpose = "";
num-states = 4;
states = ("s3" "s4" "s2" "s1");
}
```

```
node s27(finite-states) {
title = "s27";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x = 792;
pos_y = 82;
relevance = 7.0;
purpose = "";
num-states = 4;
states = ("s2" "s1" "s3" "s4");
}
```

```
node s28(finite-states) {
title = "s28";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x = 722;
pos_y = 19;
relevance = 7.0;
purpose = "";
num-states = 4;
states = ("s3" "s4" "s1" "s2");
}
```

```
node s29(finite-states) {
title = "s29";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x = 489;
pos_y = 349;
relevance = 7.0;
purpose = "";
num-states = 4;
states = ("s2" "s4" "s1" "s3");
}
```

```
node s30(finite-states) {
title = "s30";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x = 642;
pos_y = 458;
relevance = 7.0;
purpose = "";
num-states = 4;
states = ("s4" "s1" "s2" "s3");
}
```

```
node s36(finite-states) {
title = "s36";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x = 50;
pos_y = 150;
relevance = 7.0;
purpose = "";
num-states = 4;
states = ("s4" "s3" "s1" "s2");
}
```

```
node s37(finite-states) {
title = "s37";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x = 739;
pos_y = 225;
relevance = 7.0;
purpose = "";
num-states = 4;
states = ("s4" "s3" "s1" "s2");
}
```

```
node s39(finite-states) {
title = "s39";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x = 322;
pos_y = 143;
relevance = 7.0;
purpose = "";
num-states = 3;
states = ("s1" "s4" "s2");
}
```

```
node s40(finite-states) {
title = "s40";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x = 736;
pos_y = 414;
relevance = 7.0;
purpose = "";
num-states = 4;
states = ("s1" "s4" "s3" "s2");
}
```

```
node s41(finite-states) {
title = "s41";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x = 329;
pos_y = 329;
relevance = 7.0;
purpose = "";
num-states = 4;
states = ("s1" "s3" "s2" "s4");
}
```

```
node s42(finite-states) {
title = "s42";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x = 486;
pos_y = 279;
relevance = 7.0;
purpose = "";
num-states = 4;
states = ("s1" "s3" "s2" "s4");
}
```

```
node s43(finite-states) {
title = "s43";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x = 1253;
pos_y = 72;
relevance = 7.0;
purpose = "";
num-states = 2;
states = ("s1" "s2");
}
```

```
node s44(finite-states) {
title = "s44";
```

```
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x = 151;
pos_y = 513;
relevance = 7.0;
purpose = “ ”;
num-states = 4;
states = (“s4” “s2” “s3” “s1”);
}
```

```
node s45(finite-states) {
title = “s45”;
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x = 50;
pos_y = 200;
relevance = 7.0;
purpose = “ ”;
num-states = 4;
states = (“s3” “s4” “s1” “s2”);
}
```

```
node s54(finite-states) {
title = “s54”;
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x = 671;
pos_y = 566;
relevance = 7.0;
purpose = “ ”;
num-states = 2;
states = (“s4” “s1”);
}
```

```
node s55(finite-states) {
title = “s55”;
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x = 289;
pos_y = 223;
relevance = 7.0;
purpose = “ ”;
num-states = 3;
states = (“s3” “s4” “s1”);
}
```

```
node s56(finite-states) {
title = “s56”;
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
```

```
pos_x=651;
pos_y=262;
relevance = 7.0;
purpose = “ ”;
num-states = 4;
states = (“s4” “s1” “s3” “s2”);
}
```

```
node s59(finite-states) {
title = “s59”;
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x=318;
pos_y=233;
relevance = 7.0;
purpose = “ ”;
num-states = 4;
states = (“s4” “s1” “s3” “s2”);
}
```

```
node s60(finite-states) {
title = “s60”;
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x=1272;
pos_y=501;
relevance = 7.0;
purpose = “ ”;
num-states = 2;
states = (“s1” “s4”);
}
```

```
node s61(finite-states) {
title = “s61”;
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x=1171;
pos_y=535;
relevance = 7.0;
purpose = “ ”;
num-states = 2;
states = (“s4” “s1”);
}
```

```
node s62(finite-states) {
title = “s62”;
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x=1234;
pos_y=190;
```

```
relevance = 7.0;
purpose = “ ”;
num-states = 2;
states = (“s4” “s1”);
}
```

```
node s63(finite-states) {
title = “s63”;
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x =1144;
pos_y =167;
relevance = 7.0;
purpose = “ ”;
num-states = 2;
states = (“s4” “s1”);
}
```

```
node s67(finite-states) {
title = “s67”;
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x =1115;
pos_y =236;
relevance = 7.0;
purpose = “ ”;
num-states = 2;
states = (“s4” “s1”);
}
```

```
node s68(finite-states) {
title = “s68”;
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x =1113;
pos_y =323;
relevance = 7.0;
purpose = “ ”;
num-states = 2;
states = (“s4” “s1”);
}
```

```
node s69(finite-states) {
title = “s69”;
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x =1038;
pos_y =382;
relevance = 7.0;
purpose = “ ”;
```

```
num-states = 2;
states = ("s4" "s1");
}
```

```
node s70(finite-states) {
title = "s70";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x = 1038;
pos_y = 249;
relevance = 7.0;
purpose = "";
num-states = 2;
states = ("s4" "s1");
}
```

```
node s71(finite-states) {
title = "s71";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x = 985;
pos_y = 316;
relevance = 7.0;
purpose = "";
num-states = 2;
states = ("s4" "s1");
}
```

```
node s73(finite-states) {
title = "s73";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x = 886;
pos_y = 434;
relevance = 7.0;
purpose = "";
num-states = 2;
states = ("s1" "s4");
}
```

```
node s76(finite-states) {
title = "s76";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x = 1017;
pos_y = 469;
relevance = 7.0;
purpose = "";
num-states = 2;
states = ("s1" "s4");
}
```

```

}

node s88(finite-states) {
title = "s88";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x=915;
pos_y=514;
relevance = 7.0;
purpose = " ";
num-states = 2;
states = ("s1" "s4");
}

node s164(finite-states) {
title = "s164";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x=787;
pos_y=496;
relevance = 7.0;
purpose = " ";
num-states = 4;
states = ("s1" "s2" "s4" "s3");
}

node s166(finite-states) {
title = "s166";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x=357;
pos_y=392;
relevance = 7.0;
purpose = " ";
num-states = 4;
states = ("s2" "s1" "s3" "s4");
}

node s167(finite-states) {
title = "s167";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x=402;
pos_y=219;
relevance = 7.0;
purpose = " ";
num-states = 3;
states = ("s1" "s4" "s2");
}

```

```
node s175(finite-states) {
title = "s175";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x = 342;
pos_y = 470;
relevance = 7.0;
purpose = "";
num-states = 2;
states = ("s1" "s2");
}
```

```
node s191(finite-states) {
title = "s191";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x = 482;
pos_y = 534;
relevance = 7.0;
purpose = "";
num-states = 3;
states = ("s1" "s4" "s2");
}
```

```
node s195(finite-states) {
title = "s195";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x = 102;
pos_y = 424;
relevance = 7.0;
purpose = "";
num-states = 2;
states = ("s1" "s2");
}
```

```
// Links of the associated graph:
```

```
link s10 s12;
link s10 s164;
link s10 s27;
link s10 s29;
link s11 s16;
link s11 s166;
link s11 s29;
link s11 s36;
link s11 s42;
```

link s11 s55;
link s11 s56;
link s12 s13;
link s12 s16;
link s13 s19;
link s16 s18;
link s166 s175;
link s166 s191;
link s167 s195;
link s175 s191;
link s175 s195;
link s18 s195;
link s18 s28;
link s19 s27;
link s19 s40;
link s27 s28;
link s28 s37;
link s3 s167;
link s3 s29;
link s3 s4;
link s3 s41;
link s3 s55;
link s3 s6;
link s30 s36;
link s30 s37;
link s30 s39;
link s30 s40;
link s30 s54;
link s30 s56;
link s36 s39;
link s36 s40;
link s36 s42;
link s36 s44;
link s36 s45;
link s39 s41;
link s39 s54;

link s39 s56;
link s4 s11;
link s4 s12;
link s4 s30;
link s4 s36;
link s4 s40;
link s4 s54;
link s4 s55;
link s4 s56;
link s4 s6;
link s4 s7;
link s4 s8;
link s40 s164;
link s40 s44;
link s41 s45;
link s42 s44;
link s42 s45;
link s42 s59;
link s43 s167;
link s43 s56;
link s43 s62;
link s54 s55;
link s54 s61;
link s56 s59;
link s6 s10;
link s6 s12;
link s6 s18;
link s6 s41;
link s6 s7;
link s60 s61;
link s61 s62;
link s61 s68;
link s62 s63;
link s62 s68;
link s63 s67;
link s67 s68;

```

link s68 s69;
link s68 s70;
link s68 s71;
link s69 s71;
link s69 s73;
link s69 s76;
link s7 s11;
link s7 s30;
link s7 s36;
link s7 s39;
link s7 s41;
link s7 s43;
link s7 s8;
link s73 s76;
link s76 s88;
link s8 s10;
link s8 s175;
link s8 s195;
link s8 s40;
link s8 s43;
link s88 s164;

//Network Relationships:

relation s3 {
comment = “ ”;
kind-of-relation = potential;
deterministic=false;
values= table (0.25274725274725274 0.25824175824175827 0.3021978021978022 0.18681318681318682 );
}

relation s4 s3 {
comment = “ ”;
kind-of-relation = potential;
deterministic=false;
values= table (0.9387755102040817 0.02 0.017241379310344827 0.02702702702702703 0.020408163265306124 0.8
0.5172413793103449 0.2702702702702703 0.020408163265306124 0.16 0.4137931034482759 0.2702702702702703
0.020408163265306124 0.02 0.05172413793103449 0.43243243243243246 );
}

relation s6 s3 s4 {
comment = “ ”;
kind-of-relation = potential;

```

```

deterministic=false;
values= table (0.3673469387755102 0.25 0.25 0.25 0.25 0.3255813953488372 0.09090909090909091 0.25 0.25
0.0303030303030307 0.037037037037037035 0.3333333333333333 0.25 0.07692307692307693 0.07692307692307693
0.7368421052631579 0.163265306122449 0.25 0.25 0.25 0.25 0.20930232558139533 0.09090909090909091 0.25 0.25
0.5757575757575758 0.037037037037037035 0.3333333333333333 0.25 0.07692307692307693 0.07692307692307693
0.10526315789473684 0.20408163265306123 0.25 0.25 0.25 0.25 0.441860465116279 0.7272727272727273 0.25 0.25
0.36363636363636365 0.037037037037037035 0.16666666666666666 0.25 0.7692307692307693 0.07692307692307693
0.10526315789473684 0.2653061224489796 0.25 0.25 0.25 0.25 0.023255813953488372 0.09090909090909091 0.25 0.25
0.0303030303030307 0.8888888888888888 0.16666666666666666 0.25 0.07692307692307693 0.7692307692307693
0.05263157894736842 );
}

```

```

relation s7 s4 s6 {
comment = “ ”;
kind-of-relation = potential;
deterministic=false;
values= table (0.5 0.2 0.4166666666666667 0.8666666666666668 0.875 0.06896551724137931 0.14634146341463414
0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.1 0.028571428571428567 0.2941176470588235
0.4 0.25 0.3333333333333333 0.45 0.7 0.5 0.06666666666666668 0.0625 0.8965517241379309 0.8292682926829269
0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.1 0.028571428571428567 0.6470588235294117
0.4 0.5 0.3333333333333333 0.05 0.1 0.0833333333333333 0.06666666666666668 0.0625 0.034482758620689655
0.024390243902439022 0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.8 0.9428571428571427
0.0588235294117647 0.2 0.25 0.3333333333333333 );
}

```

```

relation s8 s4 s7 {
comment = “ ”;
kind-of-relation = potential;
deterministic=false;
values= table (0.9642857142857143 0.047619047619047616 0.5 0.9523809523809523 0.01666666666666666 0.5 0.5 0.5
0.024390243902439022 0.14285714285714288 0.9285714285714285 0.5 0.03571428571428571 0.9523809523809523
0.5 0.047619047619047616 0.9833333333333333 0.5 0.5 0.5 0.975609756097561 0.8571428571428572
0.07142857142857142 0.5 );
}

```

```

relation s10 s6 s8 {
comment = “ ”;
kind-of-relation = potential;
deterministic=false;
values= table (0.6944444444444444 0.5625000000000001 0.14285714285714285 0.05555555555555556
0.6428571428571429 0.08163265306122448 0.06250000000000001 0.02777777777777778 0.08333333333333333
0.25000000000000006 0.4285714285714285 0.6666666666666666 0.07142857142857144 0.04081632653061224
0.8125000000000001 0.02777777777777778 0.19444444444444445 0.12500000000000003 0.14285714285714285
0.05555555555555556 0.21428571428571427 0.8571428571428571 0.06250000000000001 0.02777777777777778
0.02777777777777778 0.06250000000000001 0.2857142857142857 0.22222222222222224 0.07142857142857144
0.02040816326530612 0.06250000000000001 0.9166666666666666 );
}

```

```

relation s11 s4 s7 {
comment = “ ”;

```

```

kind-of-relation = potential;
deterministic=false;
values= table (0.1666666666666666 0.608695652173913 0.25 0.04347826086956521 0.9516129032258064 0.25 0.25
0.25 0.023255813953488372 0.4444444444444444 0.0625 0.25 0.3666666666666664 0.3043478260869565 0.25
0.8695652173913042 0.016129032258064512 0.25 0.25 0.25 0.023255813953488372 0.3333333333333333 0.8125
0.25 0.4333333333333333 0.04347826086956521 0.25 0.04347826086956521 0.016129032258064512 0.25 0.25
0.25 0.023255813953488372 0.1111111111111111 0.0625 0.25 0.0333333333333333 0.04347826086956521 0.25
0.04347826086956521 0.016129032258064512 0.25 0.25 0.25 0.9302325581395349 0.1111111111111111 0.0625 0.25 );
}

```

```

relation s12 s10 s4 s6 {
comment = “ ”;
kind-of-relation = potential;
deterministic=false;
values= table (0.29411764705882354 0.25 0.6 0.25 0.14285714285714285 0.25 0.375 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25
0.3846153846153846 0.19999999999999998 0.39999999999999997 0.25 0.39999999999999997 0.09999999999999999
0.39999999999999997 0.3125 0.25 0.13636363636363635 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.19999999999999998
0.25 0.25 0.5714285714285714 0.19999999999999998 0.3333333333333333 0.25 0.2857142857142857 0.25
0.05263157894736842 0.25 0.25 0.25 0.1818181818181818 0.25 0.19999999999999998 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25
0.25 0.16666666666666666 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.2777777777777778 0.25 0.25 0.25 0.25 0.05882352941176471
0.25 0.19999999999999998 0.25 0.07142857142857142 0.25 0.375 0.25 0.25 0.25 0.25 0.07692307692307691
0.39999999999999997 0.19999999999999998 0.25 0.19999999999999998 0.7 0.19999999999999998 0.25 0.25
0.1818181818181818 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.125 0.39999999999999997 0.25 0.25 0.14285714285714285
0.39999999999999997 0.3333333333333333 0.25 0.14285714285714285 0.25 0.02631578947368421 0.25 0.25 0.25
0.0909090909090909 0.25 0.19999999999999998 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.5 0.25 0.25 0.25 0.25
0.6111111111111112 0.25 0.25 0.25 0.25 0.5882352941176471 0.25 0.09999999999999999 0.25 0.6428571428571429
0.25 0.125 0.25 0.25 0.25 0.25 0.4615384615384615 0.19999999999999998 0.19999999999999998 0.25
0.19999999999999998 0.09999999999999999 0.19999999999999998 0.25 0.25 0.13636363636363635 0.25 0.25 0.25 0.25
0.25 0.25 0.125 0.19999999999999998 0.25 0.25 0.14285714285714285 0.19999999999999998 0.16666666666666666
0.25 0.4285714285714286 0.25 0.3421052631578947 0.25 0.25 0.25 0.0909090909090909 0.25 0.39999999999999997
0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.16666666666666666 0.25 0.25 0.25 0.25 0.08333333333333334 0.25
0.25 0.25 0.25 0.05882352941176471 0.25 0.09999999999999999 0.25 0.14285714285714285 0.25 0.125 0.25 0.25
0.25 0.25 0.25 0.07692307692307691 0.19999999999999998 0.19999999999999998 0.25 0.19999999999999998
0.09999999999999999 0.19999999999999998 0.1875 0.25 0.5454545454545454 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25
0.5 0.19999999999999998 0.25 0.25 0.14285714285714285 0.19999999999999998 0.16666666666666666 0.25
0.14285714285714285 0.25 0.5789473684210525 0.25 0.25 0.25 0.6363636363636364 0.25 0.19999999999999998 0.25
0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.16666666666666666 0.25 0.25 0.25 0.25 0.02777777777777777 0.25 0.25 0.25
0.25 );
}

```

```

relation s13 s12 {
comment = “ ”;
kind-of-relation = potential;
deterministic=false;
values= table (0.8723404255319149 0.06122448979591837 0.04081632653061225 0.020408163265306124
0.06382978723404256 0.8979591836734694 0.020408163265306124 0.020408163265306124 0.0425531914893617
0.020408163265306124 0.8775510204081632 0.06122448979591837 0.02127659574468085 0.020408163265306124
0.06122448979591837 0.8979591836734694 );
}

```

```

relation s16 s11 s12 {
comment = “ ”;
kind-of-relation = potential;
deterministic=false;
values= table (0.5 0.4 0.043478260869565216 0.025 0.7619047619047619 0.7857142857142857 0.04 0.2 0.125
0.14285714285714285 0.14285714285714285 0.16666666666666666 0.07142857142857142 0.32 0.16666666666666666
0.1 0.3125 0.46666666666666667 0.13043478260869565 0.025 0.14285714285714285 0.07142857142857142 0.6 0.2 0.375
0.5714285714285714 0.14285714285714285 0.16666666666666666 0.21428571428571427 0.4 0.16666666666666666
0.1 0.125 0.06666666666666667 0.5217391304347826 0.175 0.047619047619047616 0.07142857142857142
0.32 0.4 0.375 0.14285714285714285 0.5714285714285714 0.16666666666666666 0.6428571428571429
0.24 0.3333333333333333 0.1 0.0625 0.06666666666666667 0.30434782608695654 0.7749999999999999
0.047619047619047616 0.07142857142857142 0.04 0.2 0.125 0.14285714285714285 0.14285714285714285 0.5
0.07142857142857142 0.04 0.3333333333333333 0.7 );
}

```

```

relation s18 s16 s6 {
comment = “ ”;
kind-of-relation = potential;
deterministic=false;
values= table (0.25 0.13333333333333333 0.11111111111111111 0.36363636363636365 0.391304347826087
0.33333333333333333 0.16666666666666666 0.10526315789473684 0.7857142857142857 0.625 0.375
0.13043478260869565 0.14285714285714285 0.1875 0.06451612903225806 0.14285714285714285 0.625
0.66666666666666666 0.7777777777777778 0.09090909090909091 0.5217391304347826 0.08333333333333333
0.33333333333333333 0.05263157894736842 0.07142857142857142 0.125 0.125 0.043478260869565216
0.14285714285714285 0.0625 0.03225806451612903 0.14285714285714285 0.0625 0.06666666666666667
0.05555555555555555 0.09090909090909091 0.043478260869565216 0.08333333333333333 0.16666666666666666
0.3157894736842105 0.07142857142857142 0.125 0.125 0.5217391304347826 0.5714285714285714 0.3125
0.6451612903225806 0.42857142857142855 0.0625 0.13333333333333333 0.05555555555555555 0.45454545454545453
0.043478260869565216 0.5 0.33333333333333333 0.5263157894736842 0.07142857142857142 0.125 0.375
0.30434782608695654 0.14285714285714285 0.4375 0.25806451612903225 0.2857142857142857 );
}

```

```

relation s19 s13 {
comment = “ ”;
kind-of-relation = potential;
deterministic=false;
values= table (0.7872340425531914 0.0816326530612245 0.12244897959183675 0.020408163265306124
0.0851063829787234 0.8775510204081632 0.020408163265306124 0.020408163265306124 0.10638297872340426
0.020408163265306124 0.7346938775510204 0.0816326530612245 0.02127659574468085 0.020408163265306124
0.12244897959183675 0.8775510204081632 );
}

```

```

relation s27 s10 s19 {
comment = “ ”;
kind-of-relation = potential;
deterministic=false;
values= table (0.54166666666666666 0.16666666666666666 0.4782608695652174 0.14285714285714285
0.08333333333333333 0.058823529411764705 0.33333333333333333 0.3888888888888889 0.33333333333333333
0.16666666666666666 0.0625 0.2727272727272727 0.08333333333333333 0.03125 0.42857142857142855 0.4
0.29166666666666667 0.5 0.43478260869565216 0.5714285714285714 0.08333333333333333 0.11764705882352941

```

```
0.0833333333333333 0.222222222222222 0.0833333333333333 0.166666666666666 0.0625 0.333333333333333
0.166666666666666 0.3125 0.1428571428571428 0.2 0.125 0.166666666666666 0.043478260869565216
0.1428571428571428 0.333333333333333 0.35294117647058826 0.5 0.166666666666666 0.416666666666667
0.5 0.5625 0.333333333333333 0.166666666666666 0.09375 0.1428571428571428 0.2 0.0416666666666666
0.166666666666666 0.043478260869565216 0.1428571428571428 0.5 0.47058823529411764 0.083333333333333
0.222222222222222 0.166666666666666 0.166666666666666 0.3125 0.060606060606060 0.583333333333334
0.5625 0.2857142857142857 0.2 );
}
```

```
relation s28 s18 s27 {
comment = “ ”;
kind-of-relation = potential;
deterministic=false;
values= table (0.6842105263157895 0.4117647058823529 0.46153846153846156 0.18181818181818182
0.21739130434782608 0.0666666666666667 0.375 0.166666666666666 0.1 0.083333333333333
0.125 0.08695652173913043 0.555555555555556 0.1875 0.266666666666666 0.047619047619047616
0.10526315789473684 0.47058823529411764 0.15384615384615385 0.09090909090909091 0.6956521739130435
0.8 0.5 0.5 0.1 0.0833333333333333 0.0625 0.043478260869565216 0.111111111111111 0.0625 0.0666666666666667
0.047619047619047616 0.05263157894736842 0.058823529411764705 0.07692307692307693 0.2727272727272727
0.043478260869565216 0.0666666666666667 0.0625 0.166666666666666 0.3 0.166666666666666 0.4375
0.8260869565217391 0.111111111111111 0.375 0.133333333333333 0.5238095238095238 0.15789473684210525
0.058823529411764705 0.3076923076923077 0.4545454545454545 0.043478260869565216 0.0666666666666667
0.0625 0.166666666666666 0.5 0.666666666666666 0.375 0.043478260869565216 0.222222222222222 0.375
0.533333333333333 0.38095238095238093 );
}
```

```
relation s29 s10 s11 s3 {
comment = “ ”;
kind-of-relation = potential;
deterministic=false;
values= table (0.583333333333333 0.25 0.25 0.25 0.466666666666667 0.388888888888889 0.166666666666666
0.23076923076923075 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.199999999999999 0.25 0.8636363636363638
0.14285714285714285 0.5 0.25 0.25 0.1666666666666669 0.0625 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25
0.2857142857142857 0.05882352941176471 0.0666666666666668 0.07692307692307691 0.14285714285714285
0.25 0.25 0.199999999999999 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.727272727272727 0.25 0.25 0.25 0.0909090909090909
0.25 0.25 0.25 0.199999999999999 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.03703703703703704
0.07692307692307691 0.083333333333333 0.25 0.25 0.25 0.333333333333333 0.388888888888889 0.5
0.3846153846153846 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.199999999999999 0.25 0.04545454545454546
0.14285714285714285 0.166666666666666 0.25 0.25 0.1666666666666669 0.0625 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25
0.14285714285714285 0.05882352941176471 0.0666666666666668 0.07692307692307691 0.2857142857142857 0.125
0.25 0.199999999999999 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.0909090909090909 0.25 0.25 0.25 0.0909090909090909 0.25
0.25 0.25 0.199999999999999 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.888888888888889 0.07692307692307691
0.25 0.25 0.25 0.25 0.133333333333333 0.1666666666666667 0.166666666666666 0.15384615384615383 0.25
0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.3 0.25 0.04545454545454546 0.5714285714285714 0.166666666666666 0.25
0.25 0.1666666666666669 0.0625 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.4285714285714286 0.05882352941176471
0.800000000000000 0.7692307692307692 0.2857142857142857 0.5 0.25 0.399999999999999 0.25 0.25 0.25 0.25
0.0909090909090909 0.25 0.25 0.25 0.727272727272727 0.25 0.25 0.25 0.399999999999999 0.25 0.25 0.25 0.25
0.25 0.25 0.03703703703703704 0.7692307692307692 0.083333333333333 0.25 0.25 0.25 0.0666666666666668
0.055555555555556 0.166666666666666 0.23076923076923075 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.3 0.25
0.04545454545454546 0.14285714285714285 0.166666666666666 0.25 0.25 0.500000000000000 0.8125 0.25 0.25
0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.14285714285714285 0.823529411764706 0.0666666666666668 0.07692307692307691
```

```

0.2857142857142857 0.125 0.25 0.19999999999999998 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.0909090909090909 0.25 0.25 0.25
0.0909090909090909 0.25 0.25 0.25 0.19999999999999998 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.03703703703703704
0.07692307692307691 );
}

```

```

relation s30 s4 s7 {
comment = “ ”;
kind-of-relation = potential;
deterministic=false;
values= table (0.13333333333333333 0.8695652173913042 0.25 0.43478260869565216 0.016129032258064512 0.25
0.25 0.25 0.02325581395348837 0.33333333333333333 0.8125 0.25 0.79999999999999999 0.04347826086956521 0.25
0.43478260869565216 0.016129032258064512 0.25 0.25 0.25 0.9302325581395348 0.44444444444444444 0.0625
0.25 0.03333333333333333 0.04347826086956521 0.25 0.043478260869565216 0.9516129032258064 0.25 0.25
0.25 0.02325581395348837 0.11111111111111111 0.0625 0.25 0.03333333333333333 0.04347826086956521 0.25
0.08695652173913043 0.016129032258064512 0.25 0.25 0.25 0.02325581395348837 0.11111111111111111 0.0625 0.25 );
}

```

```

relation s36 s11 s30 s4 s7 {
comment = “ ”;
kind-of-relation = potential;
deterministic=false;
values= table (0.5714285714285715 0.0588235294117647 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.2
0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.14285714285714285 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.01612903225806452
0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.1 0.25
0.23076923076923078 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.16666666666666669 0.81249999999999999 0.25 0.07142857142857144
0.25 0.25 0.07692307692307691 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25
0.25 0.25 0.25 0.25 0.2 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25
0.25 0.0625 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25
0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25
0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.023255813953488375 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25
0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.14285714285714288 0.8235294117647057
0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.2 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25
0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.01612903225806452 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25
0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.7 0.25 0.07692307692307693 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.16666666666666669 0.0625 0.25
0.14285714285714288 0.25 0.25 0.15384615384615383 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25
0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.2 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25
0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.81249999999999999 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25
0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25
0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25
0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25
0.14285714285714288 0.0588235294117647 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.4 0.25
0.25 0.25 0.25 0.5714285714285714 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.9516129032258065 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25
0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.1 0.25 0.07692307692307693 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25
0.5 0.0625 0.25 0.5714285714285715 0.25 0.25 0.15384615384615383 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25
0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.4 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25
0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.0625 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25
0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25
0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25
0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25
0.25 0.14285714285714288 0.0588235294117647 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.2 0.25
0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.14285714285714285 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.01612903225806452 0.25 0.25 0.25 0.25

```

```

0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.1 0.25 0.6153846153846154 0.25 0.25
0.25 0.25 0.25 0.16666666666666669 0.0625 0.25 0.2142857142857143 0.25 0.25 0.6153846153846153 0.25 0.25 0.25
0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.2 0.25 0.25 0.25 0.25
0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.0625 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25
0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25
0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25
0.023255813953488375 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25
0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 );
}

```

```

relation s37 s28 s30 {
comment = “ ”;
kind-of-relation = potential;
deterministic=false;
values= table (0.4444444444444444 0.21739130434782608 0.06666666666666667 0.25 0.8571428571428571 0.375
0.25 0.2 0.25 0.029411764705882353 0.05263157894736842 0.25 0.25 0.058823529411764705 0.027777777777777776
0.25 0.4444444444444444 0.5217391304347826 0.7333333333333333 0.25 0.057142857142857134 0.0625 0.25
0.2 0.25 0.029411764705882353 0.05263157894736842 0.25 0.25 0.35294117647058826 0.30555555555555556
0.25 0.05555555555555555 0.21739130434782608 0.06666666666666667 0.25 0.057142857142857134 0.5 0.25
0.4 0.25 0.7941176470588235 0.2631578947368421 0.25 0.25 0.058823529411764705 0.05555555555555555 0.25
0.05555555555555555 0.043478260869565216 0.13333333333333333 0.25 0.028571428571428567 0.0625 0.25 0.2 0.25
0.14705882352941177 0.631578947368421 0.25 0.25 0.5294117647058824 0.6111111111111112 0.25 );
}

```

```

relation s39 s30 s36 s7 {
comment = “ ”;
kind-of-relation = potential;
deterministic=false;
values= table (0.7500000000000001 0.06666666666666667 0.3333333333333333 0.3333333333333333
0.04545454545454545 0.3333333333333333 0.2 0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.1 0.3333333333333333
0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.8823529411764707
0.3333333333333333 0.9523809523809524 0.7333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.25
0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333
0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.016393442622950817
0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333
0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.5
0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333
0.125 0.8666666666666667 0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.9090909090909091 0.3333333333333333
0.6000000000000001 0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.8 0.3333333333333333 0.3333333333333333
0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.058823529411764705 0.3333333333333333
0.023809523809523808 0.06666666666666665 0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.0833333333333333
0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333
0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.016393442622950817
0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333
0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.25
0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.125
0.06666666666666667 0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.04545454545454545 0.3333333333333333 0.2
0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.1 0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333
0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.058823529411764705 0.3333333333333333 0.023809523809523808
0.19999999999999998 0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.6666666666666666 0.3333333333333333
0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333

```


356

```
0.25 0.25 0.25 0.2 0.25 0.25 0.25 0.25 0.5714285714285714 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25
0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.4324324324324324 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25
0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25
0.2 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 );
}
```

```
relation s41 s3 s39 s6 s7 {
comment = “ ”;
kind-of-relation = potential;
deterministic=false;
values= table (0.7272727272727273 0.25 0.25 0.4 0.25 0.25 0.6250000000000001 0.25 0.25 0.0625 0.25 0.25 0.25
0.0833333333333333 0.25 0.25 0.1 0.25 0.25 0.1111111111111112 0.25 0.25 0.25 0.25 0.5 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25
0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.5 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.4285714285714286 0.25 0.7272727272727273 0.25 0.25
0.25 0.5555555555555556 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.3333333333333333 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.1 0.25 0.25 0.2
0.0909090909090909 0.25 0.25 0.058823529411764705 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25
0.25 0.25 0.25 0.03703703703703703 0.4 0.25 0.25 0.4 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25
0.0454545454545454 0.25 0.25 0.0666666666666667 0.25 0.25 0.25 0.25 0.5714285714285714 0.25 0.25 0.25 0.25
0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.0769230769230769 0.25 0.0714285714285714 0.25 0.25 0.2 0.25 0.25 0.2 0.25 0.25
0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.7692307692307693 0.25 0.25 0.25 0.25 0.0909090909090909 0.25 0.25
0.2 0.25 0.25 0.125 0.25 0.25 0.0625 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.7000000000000001 0.25 0.25 0.6666666666666667
0.25 0.25 0.25 0.25 0.1666666666666667 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.1666666666666667
0.25 0.25 0.25 0.25 0.1428571428571428 0.25 0.0909090909090909 0.25 0.25 0.25 0.1111111111111112 0.25
0.25 0.25 0.25 0.25 0.1666666666666667 0.25 0.25 0.25 0.25 0.1 0.25 0.25 0.4 0.0909090909090909 0.25 0.25
0.058823529411764705 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.03703703703703703
0.2 0.25 0.25 0.2 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.8636363636363636 0.25 0.25
0.0666666666666667 0.25 0.25 0.25 0.25 0.1428571428571428 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25
0.0769230769230769 0.25 0.7857142857142858 0.25 0.25 0.4 0.25 0.25 0.4 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25
0.25 0.25 0.25 0.0769230769230769 0.25 0.25 0.25 0.25 0.0909090909090909 0.25 0.25 0.2 0.25 0.25 0.125 0.25
0.25 0.0625 0.25 0.25 0.25 0.5833333333333334 0.25 0.25 0.1 0.25 0.25 0.1111111111111112 0.25 0.25 0.25 0.25
0.1666666666666667 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.1666666666666667 0.25 0.25 0.25
0.25 0.25 0.1428571428571428 0.25 0.0909090909090909 0.25 0.25 0.25 0.2222222222222224 0.25 0.25 0.25 0.25
0.25 0.3333333333333333 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.7000000000000001 0.25 0.25 0.2 0.7272727272727273 0.25 0.25
0.823529411764706 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.03703703703703703
0.2 0.25 0.25 0.2 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.0454545454545454 0.25 0.25 0.8
0.25 0.25 0.25 0.25 0.1428571428571428 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.0769230769230769
0.25 0.0714285714285714 0.25 0.25 0.2 0.25 0.25 0.2 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25
0.0769230769230769 0.25 0.25 0.25 0.25 0.0909090909090909 0.25 0.25 0.2 0.25 0.25 0.125 0.25 0.25 0.8125 0.25 0.25
0.25 0.0833333333333333 0.25 0.25 0.1 0.25 0.25 0.1111111111111112 0.25 0.25 0.25 0.25 0.1666666666666667 0.25
0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.1666666666666667 0.25 0.25 0.25 0.25 0.2857142857142857
0.25 0.0909090909090909 0.25 0.25 0.25 0.1111111111111112 0.25 0.25 0.25 0.25 0.1666666666666667 0.25
0.25 0.25 0.25 0.25 0.1 0.25 0.25 0.2 0.0909090909090909 0.25 0.25 0.058823529411764705 0.25 0.25 0.25 0.25
0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.8888888888888888 0.2 0.25 0.25 0.2 0.25 0.25 0.25
0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.0454545454545454 0.25 0.25 0.0666666666666667 0.25 0.25 0.25 0.25
0.1428571428571428 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.7692307692307693 0.25 0.0714285714285714
0.25 0.25 0.2 0.25 0.25 0.2 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.0769230769230769 0.25 0.25 0.25
0.25 );
}
```

```
relation s42 s11 s36 {
comment = “ ”;
kind-of-relation = potential;
```

```

deterministic=false;
values= table (0.5714285714285714 0.058823529411764705 0.9545454545454547 0.25 0.1111111111111111 0.25
0.8 0.5 0.25 0.0625 0.25 0.25 0.25 0.023255813953488372 0.25 0.25 0.14285714285714285 0.8235294117647058
0.015151515151515154 0.25 0.7777777777777778 0.5833333333333334 0.0666666666666667 0.4 0.25 0.0625 0.25 0.25
0.25 0.023255813953488372 0.25 0.25 0.14285714285714285 0.058823529411764705 0.015151515151515154
0.25 0.05555555555555555 0.08333333333333333 0.06666666666666667 0.05 0.25 0.8125 0.25 0.25 0.25
0.023255813953488372 0.25 0.25 0.14285714285714285 0.058823529411764705 0.015151515151515154
0.25 0.05555555555555555 0.08333333333333333 0.06666666666666667 0.05 0.25 0.0625 0.25 0.25 0.25
0.9302325581395348 0.25 0.25 );
}

```

```

relation s43 s7 s8 {
comment = “ ”;
kind-of-relation = potential;
deterministic=false;
values= table (0.9574468085106382 0.14285714285714285 0.07142857142857142 0.012658227848101266 0.5
0.024390243902439025 0.0425531914893617 0.8571428571428571 0.9285714285714285 0.9873417721518987 0.5
0.9756097560975611 );
}

```

```

relation s44 s36 s40 s42 {
comment = “ ”;
kind-of-relation = potential;
deterministic=false;
values= table (0.5 0.25 0.25 0.25 0.25 0.1176470588235294 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25
0.25 0.16666666666666669 0.25 0.25 0.1111111111111111 0.25 0.8235294117647061 0.39999999999999997
0.5238095238095238 0.25 0.6 0.1111111111111111 0.05882352941176471 0.25 0.25 0.09999999999999999 0.125
0.02857142857142857 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.06666666666666668 0.25 0.25 0.25 0.028571428571428567
0.25 0.25 0.25 0.16666666666666669 0.25 0.25 0.25 0.25 0.39999999999999997 0.25 0.25 0.2857142857142857
0.09999999999999999 0.25 0.25 0.125 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.0588235294117647 0.25 0.25 0.25
0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.16666666666666669 0.25 0.25 0.1111111111111111 0.25 0.05882352941176472
0.19999999999999998 0.04761904761904762 0.25 0.09999999999999999 0.4444444444444444 0.11764705882352942
0.25 0.25 0.6 0.5 0.02857142857142857 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.13333333333333336 0.25 0.25
0.25 0.9142857142857141 0.25 0.25 0.25 0.16666666666666669 0.25 0.25 0.25 0.19999999999999998 0.25 0.25
0.14285714285714285 0.09999999999999999 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.125 0.25 0.25 0.25 0.7058823529411764
0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.16666666666666669 0.25 0.25 0.1111111111111111 0.25
0.05882352941176472 0.19999999999999998 0.380952380952381 0.25 0.19999999999999998 0.33333333333333337
0.7647058823529412 0.25 0.25 0.09999999999999999 0.125 0.02857142857142857 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25
0.25 0.7333333333333335 0.25 0.25 0.25 0.028571428571428567 0.25 0.25 0.25 0.16666666666666669 0.25
0.25 0.25 0.25 0.19999999999999998 0.25 0.25 0.4285714285714286 0.7 0.25 0.25 0.5 0.25 0.25 0.25 0.25
0.25 0.25 0.25 0.1176470588235294 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.5000000000000001
0.25 0.25 0.6666666666666667 0.25 0.05882352941176472 0.19999999999999998 0.04761904761904762
0.25 0.09999999999999999 0.1111111111111111 0.05882352941176471 0.25 0.25 0.19999999999999998 0.25
0.9142857142857143 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.06666666666666668 0.25 0.25 0.25 0.028571428571428567
0.25 0.25 0.25 0.5000000000000001 0.25 0.25 0.25 0.25 0.19999999999999998 0.25 0.25 0.14285714285714285
0.09999999999999999 0.25 0.25 0.125 0.25 0.25 0.25 );
}

```

```

relation s45 s36 s41 s42 {
comment = “ ”;

```

```

kind-of-relation = potential;
deterministic=false;
values= table (0.375 0.25 0.25 0.25 0.25 0.7500000000000002 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.19999999999999998
0.25 0.25 0.16666666666666666 0.25 0.25 0.0909090909090909 0.25 0.29411764705882354 0.25 0.25 0.25 0.6 0.25 0.25
0.25 0.25 0.8125000000000001 0.02777777777777773 0.03571428571428571 0.25 0.25 0.25 0.045454545454545456
0.25 0.25 0.25 0.02857142857142857 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.0909090909090909 0.25 0.25 0.25 0.25
0.19999999999999998 0.25 0.25 0.16666666666666669 0.1 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25
0.12500000000000003 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.19999999999999998 0.25 0.25 0.16666666666666666
0.25 0.25 0.0909090909090909 0.25 0.5882352941176471 0.25 0.25 0.25 0.09999999999999999 0.25 0.25 0.25
0.25 0.06250000000000001 0.9166666666666665 0.03571428571428571 0.25 0.25 0.25 0.045454545454545456
0.25 0.25 0.25 0.02857142857142857 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.0909090909090909 0.25 0.25 0.25
0.25 0.39999999999999997 0.25 0.25 0.33333333333333337 0.1 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25
0.25 0.25 0.06250000000000001 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.39999999999999997 0.25 0.25 0.5 0.25
0.25 0.7272727272727272 0.25 0.05882352941176471 0.25 0.25 0.25 0.09999999999999999 0.25 0.25 0.25
0.06250000000000001 0.02777777777777773 0.8928571428571429 0.25 0.25 0.25 0.045454545454545456 0.25 0.25
0.25 0.4 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.45454545454545453 0.25 0.25 0.25 0.25 0.19999999999999998 0.25
0.25 0.16666666666666669 0.1 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.125 0.25 0.25 0.25 0.06250000000000001 0.25
0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.19999999999999998 0.25 0.25 0.16666666666666666 0.25 0.25 0.0909090909090909
0.25 0.05882352941176471 0.25 0.25 0.25 0.19999999999999998 0.25 0.25 0.25 0.25 0.06250000000000001
0.02777777777777773 0.03571428571428571 0.25 0.25 0.25 0.8636363636363636 0.25 0.25 0.25 0.5428571428571428
0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.3636363636363636 0.25 0.25 0.25 0.25 0.19999999999999998 0.25 0.25
0.33333333333333337 0.7000000000000001 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 );
}

```

```

relation s54 s30 s39 s4 {
comment = “ ”;
kind-of-relation = potential;
deterministic=false;
values= table (0.6000000000000001 0.7500000000000001 0.5 0.5 0.2380952380952381 0.4444444444444444 0.5
0.125 0.5 0.5 0.5 0.5 0.08695652173913042 0.7500000000000001 0.19512195121951217 0.2 0.5 0.5 0.5 0.5 0.25
0.3333333333333333 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5 0.03333333333333333 0.5 0.5 0.5 0.6666666666666666
0.5 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5 0.4 0.25 0.5 0.5 0.761904761904762 0.5555555555555555 0.5 0.875 0.5 0.5 0.5
0.9130434782608695 0.25 0.8048780487804877 0.8 0.5 0.5 0.5 0.5 0.7500000000000001 0.6666666666666666 0.5 0.5
0.5 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5 0.9666666666666667 0.5 0.5 0.5 0.3333333333333333 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5
0.5 );
}

```

```

relation s55 s11 s3 s4 s54 {
comment = “ ”;
kind-of-relation = potential;
deterministic=false;
values= table (0.5 0.06666666666666667 0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333
0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333
0.3333333333333333 0.043478260869565216 0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333
0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.03124999999999997
0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333
0.3333333333333333 0.25 0.0909090909090909 0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333
0.16666666666666666 0.5 0.05555555555555555 0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333
0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333
0.6153846153846153 0.08333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333
0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333 0.3333333333333333

```

360


```

relation s59 s42 s56 {
comment = “ ”;
kind-of-relation = potential;
deterministic=false;
values= table (0.6666666666666666 0.047619047619047616 0.2 0.014492753623188406 0.25 0.043478260869565216
0.058823529411764705 0.09090909090909091 0.25 0.0625 0.25 0.25 0.9302325581395351 0.25 0.25 0.25
0.1111111111111111 0.8571428571428571 0.4 0.014492753623188406 0.25 0.8260869565217391 0.8235294117647058
0.09090909090909091 0.25 0.0625 0.25 0.25 0.02325581395348838 0.25 0.25 0.25 0.1111111111111111
0.047619047619047616 0.2 0.014492753623188406 0.25 0.08695652173913043 0.058823529411764705
0.7272727272727273 0.25 0.8125 0.25 0.25 0.02325581395348838 0.25 0.25 0.25 0.1111111111111111
0.047619047619047616 0.2 0.9565217391304347 0.25 0.043478260869565216 0.058823529411764705

```

```
0.09090909090909091 0.25 0.0625 0.25 0.25 0.02325581395348838 0.25 0.25 0.25 );
}
```

```
relation s60 {
comment = “ ”;
kind-of-relation = potential;
deterministic=false;
values= table (0.988888888888889 0.01111111111111112 );
}
```

```
relation s61 s54 s60 {
comment = “ ”;
kind-of-relation = potential;
deterministic=false;
values= table (0.962962962962963 0.3333333333333337 0.006493506493506494 0.5 0.03703703703703704
0.666666666666667 0.9935064935064936 0.5 );
}
```

```
relation s62 s43 s61 {
comment = “ ”;
kind-of-relation = potential;
deterministic=false;
values= table (0.6428571428571428 0.029411764705882356 0.1333333333333336 0.008130081300813009
0.35714285714285715 0.9705882352941176 0.8666666666666666 0.991869918699187 );
}
```

```
relation s63 s62 {
comment = “ ”;
kind-of-relation = potential;
deterministic=false;
values= table (0.9090909090909091 0.011695906432748539 0.09090909090909091 0.9883040935672515 );
}
```

```
relation s67 s63 {
comment = “ ”;
kind-of-relation = potential;
deterministic=false;
values= table (0.75 0.005882352941176471 0.25 0.9941176470588236 );
}
```

```
relation s68 s61 s62 s67 {
comment = “ ”;
kind-of-relation = potential;
deterministic=false;
values= table (0.4444444444444444 0.75 0.3333333333333333 0.29411764705882354 0.5 0.5 0.5 0.05161290322580645
0.5555555555555555 0.25 0.6666666666666666 0.7058823529411765 0.5 0.5 0.5 0.9483870967741936 );
}
```

```

relation s69 s68 {
comment = “ ”;
kind-of-relation = potential;
deterministic=false;
values= table (0.2222222222222222 0.012195121951219514 0.7777777777777778 0.9878048780487805 );
}

relation s70 s68 {
comment = “ ”;
kind-of-relation = potential;
deterministic=false;
values= table (0.6666666666666666 0.006097560975609756 0.3333333333333333 0.9939024390243902 );
}

relation s71 s68 s69 {
comment = “ ”;
kind-of-relation = potential;
deterministic=false;
values= table (0.7999999999999999 0.8666666666666666 0.6666666666666667 0.006134969325153374
0.1999999999999998 0.1333333333333336 0.3333333333333337 0.9938650306748467 );
}

relation s73 s69 {
comment = “ ”;
kind-of-relation = potential;
deterministic=false;
values= table (0.5 0.9943181818181819 0.5 0.0056818181818182 );
}

relation s76 s69 s73 {
comment = “ ”;
kind-of-relation = potential;
deterministic=false;
values= table (0.5 0.25 0.9943181818181819 0.5 0.5 0.7499999999999999 0.0056818181818182 0.5 );
}

relation s88 s76 {
comment = “ ”;
kind-of-relation = potential;
deterministic=false;
values= table (0.9943502824858758 0.4 0.005649717514124295 0.6 );
}

relation s164 s10 s40 s88 {
comment = “ ”;
kind-of-relation = potential;
deterministic=false;
values= table (0.736842105263158 0.25 0.7222222222222222 0.25 0.5333333333333333 0.25 0.6250000000000001
0.25 0.14285714285714285 0.25 0.0833333333333334 0.1999999999999998 0.07142857142857144 0.25

```

```

0.0555555555555556 0.25 0.3478260869565217 0.25 0.1250000000000003 0.25 0.1111111111111112
0.1999999999999998 0.038461538461538464 0.25 0.25 0.25 0.04545454545454545 0.25 0.047619047619047616
0.25 0.1111111111111112 0.25 0.10526315789473685 0.25 0.16666666666666666 0.25 0.3333333333333333
0.25 0.1250000000000003 0.25 0.7142857142857143 0.25 0.41666666666666667 0.1999999999999998
0.07142857142857144 0.25 0.0555555555555556 0.25 0.5652173913043478 0.25 0.6250000000000001 0.25
0.5555555555555556 0.1999999999999998 0.15384615384615385 0.25 0.25 0.25 0.04545454545454545 0.25
0.047619047619047616 0.25 0.3333333333333333 0.25 0.052631578947368425 0.25 0.05555555555555555
0.25 0.06666666666666667 0.25 0.1250000000000003 0.25 0.07142857142857142 0.25 0.08333333333333334
0.3999999999999997 0.7142857142857144 0.25 0.0555555555555556 0.25 0.04347826086956521 0.25
0.1250000000000003 0.25 0.2222222222222224 0.1999999999999998 0.038461538461538464 0.25 0.25
0.25 0.8181818181818181 0.25 0.8571428571428571 0.25 0.1111111111111112 0.25 0.10526315789473685
0.25 0.05555555555555555 0.25 0.06666666666666667 0.25 0.1250000000000003 0.25 0.07142857142857142
0.25 0.41666666666666667 0.1999999999999998 0.14285714285714288 0.25 0.8333333333333334 0.25
0.04347826086956521 0.25 0.1250000000000003 0.25 0.1111111111111112 0.3999999999999997
0.7692307692307693 0.25 0.25 0.25 0.0909090909090909 0.25 0.047619047619047616 0.25 0.4444444444444445 0.25 );
}

```

```

relation s166 s11 {
comment = “ ”;
kind-of-relation = potential;
deterministic=false;
values= table (0.951219512195122 0.018867924528301893 0.0625 0.023255813953488372 0.024390243902439025
0.9433962264150946 0.0625 0.023255813953488372 0.012195121951219513 0.018867924528301893 0.8125
0.023255813953488372 0.012195121951219513 0.018867924528301893 0.0625 0.9302325581395349 );
}

```

```

relation s167 s3 s43 {
comment = “ ”;
kind-of-relation = potential;
deterministic=false;
values= table (0.9310344827586207 0.3181818181818182 0.5714285714285714 0.06451612903225805
0.3333333333333337 0.017543859649122806 0.3333333333333337 0.02777777777777776 0.034482758620689655
0.6363636363636364 0.047619047619047616 0.032258064516129024 0.3333333333333337 0.017543859649122806
0.3333333333333337 0.02777777777777776 0.034482758620689655 0.04545454545454545 0.38095238095238093
0.9032258064516129 0.3333333333333337 0.9649122807017544 0.3333333333333337 0.9444444444444444 );
}

```

```

relation s175 s166 s8 {
comment = “ ”;
kind-of-relation = potential;
deterministic=false;
values= table (0.8 0.013157894736842105 0.9090909090909091 0.7 0.07142857142857144 0.5 0.5
0.024390243902439025 0.2 0.986842105263158 0.09090909090909091 0.30000000000000004 0.9285714285714286 0.5
0.5 0.975609756097561 );
}

```

```

relation s191 s166 s175 {
comment = “ ”;
kind-of-relation = potential;
deterministic=false;

```

```

values= table (0.6666666666666666 0.012987012987012986 0.9583333333333333 0.125 0.3333333333333337
0.06666666666666665 0.3333333333333337 0.023809523809523808 0.1666666666666666 0.012987012987012986
0.02083333333333332 0.5 0.3333333333333337 0.8666666666666666 0.3333333333333337 0.023809523809523808
0.1666666666666666 0.974025974025974 0.02083333333333332 0.375 0.3333333333333337 0.06666666666666665
0.3333333333333337 0.9523809523809523 );
}

```

```

relation s195 s167 s175 s18 s8 {
comment = “ ”;
kind-of-relation = potential;
deterministic=false;
values= table (0.9090909090909091 0.3333333333333333 0.9375 0.14285714285714285 0.5 0.5 0.5 0.5 0.25 0.5 0.25 0.5
0.125 0.5 0.14285714285714285 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5 0.8571428571428572 0.5 0.8999999999999999
0.5 0.5 0.5 0.5 0.875 0.5 0.9333333333333332 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5 0.043478260869565216 0.5 0.25 0.5
0.024390243902439025 0.5 0.023809523809523808 0.09090909090909091 0.6666666666666666 0.06249999999999999
0.8571428571428572 0.5 0.5 0.5 0.5 0.7500000000000001 0.5 0.7500000000000001 0.5 0.875 0.5 0.8571428571428572
0.5 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5 0.14285714285714285 0.5 0.09999999999999999 0.5 0.5 0.5 0.5 0.125 0.5
0.06666666666666667 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5 0.9565217391304348 0.5 0.7500000000000001 0.5 0.975609756097561 0.5
0.9761904761904763 );
}

}

```