

PROPUESTA Y EVALUACIÓN PARA CAPTURA Y REPRESENTACIÓN DE INFORMACIÓN ESPACIO TEMPORAL A MANERA DE HUELLA DIGITAL, PARA EL SISTEMA PILOTO DE TRAZABILIDAD TURÍSTICA.



Universidad
del Cauca

Trabajo de Grado

Juan Pablo Chamizo Vega

Luis Carlos Martínez Acosta

Director: PhD. Gustavo Adolfo Ramírez

Co-Director: Mag. A.E. Ángela Chantre Astaíza

Universidad del Cauca

Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Departamento de Telemática

Línea de Investigación Aplicaciones y Servicios sobre Internet

Popayán, Mayo de 2012

Tabla de Contenido

1. Introducción	1
1.1. Objetivos	2
1.2. Motivación	2
1.3. Problema	2
1.4. Experimentación caso de estudio	3
1.5. Metodología de la tesis	3
1.6. Proyectos relacionados	4
1.7. Turismo y sistema turístico	5
1.8. Generalidades del entorno	6
1.9. Estructura de la tesis	7
2. Estado del Arte	9
2.1. Definiciones y conceptos fundamentales	9
2.1.1. Trazabilidad	9
2.1.2. Concepto espacio - temporal	10
2.1.3. Huella digital	11
2.1.4. Captura de información	11
2.1.5. Concepto de modelo	12
2.2. Tecnologías relacionadas	12
2.2.1. RFID	12
2.2.2. Tecnología NFC	13
2.3. Trabajos previos	14
2.3.1. Trabajos de investigación relacionados con modelos	14
2.3.1.1. Trazabilidad, representación de la huella digital	14
2.3.1.2. Métodos para observar y comprender una ciudad digital. Captura espacio temporal	15
2.3.1.3. Similitudes en la información buscada por los viajeros dentro de la ciudad. Captura de la información	15
2.3.1.4. Trazabilidad alimentaria mediante nuevas tecnologías.	16
2.3.2. Trabajos de investigación relacionados con mapas	16
2.3.2.1. Trazabilidad, análisis de datos	16

2.3.2.2.	Exploración visual de bases de datos espacio temporales . . .	17
2.3.2.3.	Aplicación de sistemas de información en la región de la Paz	17
2.3.3.	Trabajos de investigación relacionados con turismo	18
2.3.3.1.	Portal eco turístico y multicultural del Cauca	18
2.3.3.2.	Viabilidad para la comunidad virtual de turismo del Cauca. .	18
2.3.3.3.	Sistema de trazabilidad turística para el departamento del Cauca a modo de prueba piloto	19
2.4.	Síntesis	20
3.	Modelo de Captura y Representación de Información Turística Espacio - Temporal para Trazabilidad	21
3.1.	Generalidades	21
3.1.1.	Modelo	22
3.1.2.	Diagrama del modelo de captura y representación de información espacio-temporal	22
3.1.3.	Contexto de aplicación	24
3.2.	Funciones del modelo de captura y representación de información en un entorno espacio - temporal para trazabilidad	24
3.2.1.	Función de captura	25
3.2.2.	Función de almacenamiento	25
3.2.3.	Función de procesamiento	25
3.2.4.	Función de visualización	26
3.3.	Alternativas de representación basado en modelos formales	26
3.3.1.	Serie de tiempo	26
3.3.2.	Grafos	27
3.3.3.	Redes de petri	28
3.3.4.	Modelos de markov	29
3.3.5.	Modelos ocultos de markov	30
3.3.6.	Colonia de Hormigas	30
3.3.7.	Selección del modelo formal para representación de información espa- cio temporal	31
3.4.	Conclusiones	33
4.	Caso de Estudio	35
4.1.	Contexto global	35
4.1.1.	Referente histórico	35
4.2.	Sistema de trazabilidad turística para el departamento del Cauca a modo de prue- ba piloto	36
4.3.	Procesos del proyecto piloto de trazabilidad turística	37
4.3.1.	Levantamiento base de datos	37
4.3.2.	Convocatoria a los distintos prestadores de servicios turísticos y entidades	37
4.3.3.	Socialización del proyecto	38

4.3.4.	Capacitación del personal de apoyo logístico para la prueba piloto y los comercios participantes	38
4.3.5.	Ejecución de la prueba piloto del proyecto	39
4.3.6.	Datos de los resultados del proyecto piloto de trazabilidad turística . . .	39
4.4.	Sistema captura de información para el proyecto piloto de trazabilidad turística	40
4.5.	Conclusiones	44
5.	Prototipo	45
5.1.	Análisis del proceso	46
5.2.	Entornos de captura de información	46
5.2.1.	Entorno serial en tarjeta turista	47
5.2.2.	Entorno de captura de información con código de barras.	48
5.2.3.	Entorno de captura de información con código de barras y dispositivos móviles.	48
5.2.4.	Entorno de captura de información con tecnología RFID	48
5.2.5.	Entorno de captura de información con tecnología RFID y dispositivos móviles	49
5.2.6.	Entorno de captura de información con tecnología NFC	50
5.2.6.1.	Tarjetas NFC	50
5.2.6.2.	Tarjetas NFC y captura por dispositivos móviles NFC	50
5.2.6.3.	Equipos móviles con tecnología NFC y etiquetas NFC. . . .	50
5.2.7.	Análisis tecnológico	51
5.2.7.1.	Tecnologías o técnicas para captura	51
5.3.	Alternativas para representación de trazabilidad	52
5.3.1.	Requerimientos en visualización	52
5.3.2.	Tecnologías para representación	56
5.4.	Implementación	60
5.4.1.	Representación de información espacio temporal para el sistema de piloto trazabilidad turística	60
5.4.1.1.	Desarrollo del sistema para el modulo de representación . . .	60
5.4.1.2.	Modelo para el establecimiento de responsabilidades	61
5.4.1.3.	Modelo del ambiente del sistema	61
5.4.1.4.	Modelo de casos de uso	62
5.4.1.5.	Arquitectura de referencia	64
5.4.1.6.	Modelo para descripción del sistema	64
5.4.1.7.	Modelo del diseño del sistema	65
5.4.1.8.	Modelo de implementación del sistema	65
5.4.1.9.	Prototipo Operacional de la Solución	65
5.5.	Conclusiones	75

6. Evaluación y Análisis de Resultados	77
6.1. Cadenas de markov para modelar el movimiento espacio - temporal del turista .	77
6.2. Validación del modelo	78
6.3. Implementación de cadenas de markov en modelamiento del movimiento espacio temporal de turistas	79
6.3.1. Diseño del modelo	79
6.3.2. Validación del modelado de cadenas de markov para el movimiento de turistas en el caso de estudio	85
6.3.3. Patrones de movilidad y análisis de resultados	87
6.4. Conclusiones	99
7. Conclusiones y Trabajos Futuros	101
7.1. Aportes	101
7.2. Resultados	102
7.3. Conclusiones	102
7.4. Lecciones aprendidas	105
7.5. Trabajos futuros	105
Referencias	107
A. Circular No. 1. Convocatoria	111
B. Establecimientos asociados al proyecto	113
C. Clasificación de los PATs	115
D. Imágenes de soporte en el proyecto de trazabilidad turística	119
E. Estadísticas. resultados del proyecto “Sistema Piloto de Trazabilidad Turística”	127
F. Tabla de referencia Chi Cuadrado	131
G. Cadenas de Markov	135
G.1. Cadenas de markov	135
G.1.1. Procesos estocásticos	135
G.1.2. Cadenas de markov	136
G.1.3. Clasificación de estados. Cadena de markov	138
G.1.4. Cadenas de markov absorbente	139

Listado de Figuras

3.1. Diagrama general en bloques del modelo de captura y representación de información espacio-temporal	23
3.2. Diagrama en bloques del modelo de representación de información espacio-temporal	23
3.3. Diagrama general en bloques del modelo de captura y representación de información espacio-temporal	24
3.4. Diagrama general de funciones del modelo de captura y representación de información espacio-temporal	25
3.5. Grafo	28
4.1. Tarjeta turista piloto	39
4.2. Modelo de negocio proyecto trazabilidad turística.	41
4.3. Diagrama de caso de usos captura de información.	42
4.4. Diagrama de clases captura de información.	43
5.1. Entorno de Captura de Información. Serial en Tarjeta Turista	47
5.2. Entorno de captura de información con código de barras	48
5.3. Entorno de captura de información con código de barras y dispositivos móviles	49
5.4. Entorno de captura de información con tecnología RFID	49
5.5. Entorno de captura de información con tecnología RFID y dispositivos móviles	50
5.6. Entorno de captura de información con código tarjetas NFC	51
5.7. Entorno de captura de información con tarjetas NFC y captura por dispositivos móviles NFC	52
5.8. Entorno de captura de información con equipos móviles con tecnología NFC y etiquetas NFC	55
5.9. Entorno de representación de información espacio temporal	55
5.10. Visualización del mapa de Popayán desde Google Maps	58
5.11. Visualización del mapa de Popayán desde Yahoo Maps	58
5.12. Visualización del mapa de Popayán desde OpenStreetMaps	59
5.13. Visualización del mapa de Popayán desde Bing Maps	59
5.14. Modelo casos de uso del sistema	62

5.15. Arquitectura Modelo Vista Controlador. Adaptada	64
5.16. Modelo entidad relación	66
5.17. Diagrama de clases	68
5.18. Arquitectura del sistema de representación de información	69
5.19. Visualización de PATs con privilegios	70
5.20. Visualización de los PATs asociados al proyecto de trazabilidad turística	70
5.21. Trazabilidad turística	71
5.22. Concurrencia turística	71
5.23. Trazabilidad de turistas extranjeros	72
5.24. Trazabilidad de turistas nacionales	72
5.25. lugares de concurrencia extranjeros	73
5.26. lugares de concurrencia nacionales	73
5.27. Trazabilidad por turista, ejemplo 1	74
5.28. Trazabilidad por turista, ejemplo 2	74
6.1. Árbol de transiciones, primera parte.	81
6.2. Árbol de transiciones, segunda parte.	82
6.3. Árbol de transiciones, tercera parte.	83
6.4. Grafo de transiciones	89

Listado de Tablas

3.1. Aspectos generales más relevantes de la metodología.	22
3.2. Cuadro comparativo modelos formales	32
4.1. Turistas Registrados	40
5.1. Cuadro comparativo de tecnologías y técnicas para captura de información espacio temporal	53
5.2. Cuadro comparativo aplicabilidad de las tecnologías en los entornos de captura de información	54
5.3. Caso de uso consultar PAT	62
5.4. Caso de uso consultar trazabilidad	63
5.5. Caso de uso consultar concurrencia	63
6.1. Lugares Turísticos	80
6.2. Matriz de transición	84
6.3. Probabilidades Iniciales	85
6.4. Resumen del Procesamiento de los Casos	86
6.5. Pruebas de chi cuadrado X^2	86
6.6. Probabilidad de estar en algún estado S después de un salto	88
6.7. Probabilidad de estar en algún estado S después de 2 saltos	90
6.8. Probabilidad de estar en algún estado S después de 3 saltos	91
6.9. Probabilidad de estar en algún estado S después de 4 saltos	92
6.10. Probabilidad de estar en algún estado S después de 5 saltos	93
6.11. Probabilidad de estar en algún estado S después de 6 saltos	94
6.12. Probabilidad de estado resultante despues de un periodo del periodo inicial . . .	95
6.13. Probabilidad de estado resultante despues de dos periodos del periodo inicial .	95
6.14. Probabilidad de estado resultante despues de tres periodos del periodo inicial .	95
6.15. Probabilidad de estado resultante despues de cuatro periodos del periodo inicial	95
6.16. Probabilidad de estado resultante despues de cinco periodos del periodo inicial	95
6.17. Probabilidad de estado resultante despues de seis periodos del periodo inicial .	95
6.18. Probabilidad de patrones de movimiento, $n=2$	97
6.19. Probabilidad de patrones de movimiento, $n=3$	97

6.20. Probabilidad de patrones de movimiento, $n = 4$, $n = 5$, $n = 6$ y $n = 7$ 97

Capítulo 1

Introducción

El sector turismo actualmente es uno de los sectores con mayor potencial de crecimiento y aporte a la economía mundial, de tal manera que capturar la información dejada por los turistas a manera de huella digital e inferir a partir de estos datos patrones, es uno de los aspectos que por ser la mejor fuente de información no solo para la generación del modelo de captura y representación, y es una herramienta de gran utilidad para trabajos futuros en esta misma área del conocimiento.

El modelo para captura y representación se fundamenta en la utilización de la huella digital¹ generada por los recorridos de los turistas como fuente básica de información, dicha huella es una de las técnicas utilizadas para recopilar datos relevantes del objeto a analizar al realizar una actividad en particular. Por ejemplo nombres, teléfonos, ips, contactos, usuarios, etc. De manera particular y limitado al contexto de este trabajo de grado, se puede citar que una huella digital es un rastro dejado como fruto de la interacción que se ha llevado a cabo por parte de turistas y sus sitios de visita, usando información digital. De esta manera se hace necesario establecer los mecanismos más adecuados para la captura de la información en razón a que será esta la que permita determinar los patrones de actividad turística en una determinada región geográfica.

La actividad turística es una de las de mayor relevancia hoy en el mundo, tanto así que según datos obtenidos de la OMT, por ejemplo en el 2007 viajaron por el mundo 898 millones de personas, generando directamente 760 mil millones de dólares aproximadamente. Según OMT, 280 millones de personas trabajan de manera tanto directa como indirecta en esta actividad. Lo anterior representa el 9.5 % de puestos de trabajo en el mundo. El crecimiento de la actividad turística ha conllevado a que existen 116 Ministerios y/o Secretarías de Turismo a nivel mundial [1].

¹Rastro dejado por un turista como producto de su actividad al visitar un destino, esta huella se obtiene a partir de información registrada por el turista en cada uno de los puntos visitados.

1.1. Objetivos

El objetivo central de este trabajo es el de proponer y evaluar un modelo para la representación de información espacio temporal para el proyecto “Sistema piloto de Trazabilidad Turística”. Útil a la planificación y toma de decisiones.

Como objetivos específicos se han definido los siguientes:

- Implementar un modelo de captura y representación de información espacio temporal de la huella registrada por los turistas, para el rastreo de la actividad de los mismos.
- Desarrollar un prototipo que implemente e instancie el modelo de representación propuesto.
- Evaluar el prototipo usando datos provenientes de la información generada del proyecto sistema piloto de trazabilidad turística.

1.2. Motivación

Aportar a la región, a su modernización mediante la utilización de nuevas tecnologías, que de ser implementadas pueden llegar a ser fuente de empleo y desarrollo. Como un punto extra de motivación esta el de ser pioneros en la gestación de este tipo de sistemas o modelos en Colombia. Además, se espera ser punto de partida para la ampliación en la investigación y el desarrollo de sistemas de información a partir del análisis de la trazabilidad de diferentes agentes en diferentes áreas del conocimiento.

1.3. Problema

El sector del turismo es uno de los campos que aporta a la economía nacional y local en gran manera [2], su reactivación en razón a las políticas que en la materia se han tomado por parte del gobierno han permitido que este sector se afiance, pero debido a la falta de mecanismos de seguimiento y control en cuanto a los aportes específicos que este sector genera sólo se tienen cifras del mismo en las principales ciudades de nuestro país. Esto deja de lado información muy relevante en esa área, y que corresponde a los aportes que realizan las ciudades intermedias como lo es la ciudad de Popayán, la cual tiene el turismo como una de sus fuentes de ingreso, principalmente en la época de semana santa y debido al renombre que dicha celebración religiosa le ha dado a la ciudad, poco a poco se ha ido convirtiendo en uno de los destinos a tener en cuenta no solo en la época religiosa ya señalada sino también en los diferentes eventos que en la ciudad se realizan a lo largo del año.

Es una necesidad para el turismo en la ciudad de Popayán, obtener una representación de la huella dejada por los turistas, tipificar los turistas que visitan la ciudad, poder determinar rutas

y establecer criterios de preferencias por parte de los visitantes o turistas.

Diseñar un sistema de trazabilidad que permita capturar la información derivada de la actividad turística se hace fundamental para poder así establecer patrones de información y a partir de las mismas aportar a la toma de decisiones en el área.

La Mesa de Turismo del departamento del Cauca es una instancia asesora y consultora para todas las actividades relacionadas con el desarrollo del turismo regional, entre sus objetivos está el de Gestionar planes, programas y proyectos estratégicos para el desarrollo turístico del Departamento. De igual forma existe el convenio de competitividad Turística, el cual busca mejorar la competitividad y productividad del destino turístico del Departamento del Cauca, con miras al fortalecimiento de los servicios turísticos, en consecuencia a lo anteriormente presentado se sustenta aún más la necesidad de elaborar o diseñar un modelo de captura y representación de la información.

La captura de los datos en dicho sistema de trazabilidad, es una de las tareas de mayor importancia y por esto en este trabajo de grado se pretende evaluar alternativas para realizarla; debido a que ésta contiene los datos requeridos para instanciar cualquier modelo de representación.

Teniendo en cuenta lo expuesto hasta éste punto, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo realizar la captura y representación de la huella registrada por un turista en su recorrido, como alternativa de información para la toma de decisiones en el campo del turismo²?

1.4. Experimentación caso de estudio

Como parte de la experimentación se tienen las observaciones y análisis realizados a partir de la implementación del prototipo de sistema de captura y representación de la traza dejada por los turistas en razón de sus actividades, bajo el ejercicio llevado a cabo durante la semana santa del año 2011 en la ciudad de Popayán.

1.5. Metodología de la tesis

El proyecto planteado se desarrolló desde el punto de vista de la investigación científica, enfocándose en la investigación de carácter experimental, debido a que se demostrará por medio de éste, la viabilidad para la aplicación del prototipo de captura y representación de información turística.

De la misma manera, dicho modelo permitirá dar cumplimiento a los objetivos anteriormente planteados:

- Fase de planteamiento del problema: ésta es la fase donde se lleva a cabo la realización del anteproyecto. En esta actividad se genera un plan estratégico de trabajo, el cual establece los

²En el marco del Sistema de Trazabilidad Turística para el Departamento del Cauca a modo de prueba Piloto.

recursos, tiempo, actividades, responsabilidades, alcance y objetivos del proyecto.

- Fase de Hipótesis: En esta fase se identificarán de forma clara los aspectos conceptuales que giren entorno a la captura de información espacio temporal como también las mejores herramientas para implementar e instanciar esta captura de información.
- Fase de Validación: En esta fase se probará la hipótesis por medio del desarrollo de un caso que incluye un prototipo y la experimentación, se tendrá como referencia el Modelo Construcción de Soluciones (MCS) [3].
- Fase Resultados y Análisis: en esta fase presenta el estudio detallado y minucioso de los resultados arrojados en la fase experimental, buscando tener una fuente de información de la huella registrada por los turistas para generar la actividad de este, identificando así los diferentes patrones de movilidad en el sector turístico para la toma de decisiones del mismo para las entidades y empresas interesadas, aplicando las pruebas necesarias para el análisis, implementando correcciones necesarias para la respectiva aplicación y modelo de captura de información Espacio Temporal. El análisis se presenta de manera cuantitativa basado en la información explorada y cualitativa de la observación e información de resultados de la experimentación. Se tendrá como modelo referente el MCS.

1.6. Proyectos relacionados

A nivel nacional se encuentran los proyectos impulsados por el ministerio de Comercio, Industria y Turismo [4]: Plan Vive Digital Colombia [5] y la Tarjeta Vive Colombia Joven [6], en los cuales se hacen uso de las tecnologías de la información y comunicación para promover el turismo a nivel nacional.

- Portal Eco turístico y multicultural del Cauca

Uno de las soluciones en cuanto a la promoción, información y comercio virtual del turismo en el Cauca es el proyecto Tampu en sus diferentes etapas o fases. Como inició (Fase I) el proyecto Tampu buscaba promocionar la riqueza turística y ecológica del departamento del Cauca [7], resaltando la importancia del turismo a nivel mundial y la necesidad de promocionarlo utilizando la tecnología de redes telemáticas, especialmente la internet, dando al Cauca una imagen turística que no había sido ampliamente difundida y además fomentando el desarrollo de las empresas locales debido a la incorporación del servicio de comercio electrónico (Fase II) [8], acoplándose Tampu a la definición de e-marketplace³, donde se beneficiaran con esto tres sectores: compradores, vendedores y proveedores.

³e-marketplace: es una comunidad en línea donde los compradores corporativos y vendedores conviven para colaborar, comunicarse y dirigir negocios, se basa en la interacción directa entre compradores y vendedores, de tal manera que se evita el involucrar intermediarios [8]

- Viabilidad para la comunidad virtual de turismo del Cauca.

Considerando la idea de que el turismo es un factor determinante en la economía del departamento del Cauca,[9] presenta un estudio de la viabilidad en la implementación de una comunidad virtual de turismo (CVT) para el Cauca, cuyo objetivo principal es crear una CVT con un conjunto de servicios que permita promocionar el departamento a nivel nacional e internacional, con el fin de generar un impacto socioeconómico positivo mediante el incremento del número de visitantes. En este trabajo [9] se evalúa la participación de las empresas intermediadoras y los sitios turísticos (hoteles, restaurantes, empresas de transporte y agente de viajes) con disposición de utilizar el prototipo generado por [9], en donde sólo el 3 % no participarían ni invertirían en el proyecto.

- Sistema de trazabilidad turística para el departamento del Cauca a modo de prueba piloto.

En el sector turístico se identifica la necesidad de tener una fuente fiable de información y el manejo que se le dé a la actividad turística, es por eso que en [10] se propone una alternativa la cual está basada en la entrega de información por parte del turista en puntos previamente establecidos, denominados Puntos de Actividad Turística en intercambio a un beneficio para el turista, permitiendo la captura de información del turista y su actividad, abordando así el problema de soporte de datos en el sector turístico. Esta alternativa estará basada en un piloto de trazabilidad turística [10].

1.7. Turismo y sistema turístico

El turismo es definido por la Organización Mundial del Turismo [11] como “El turismo comprende las actividades que realizan las personas durante sus viajes y estancias en lugares distintos al de su entorno habitual, por un período de tiempo consecutivo inferior a un año con fines de ocio, por negocios y otros”, definición que determina las siguientes características:

- Introducción de los elementos motivadores del viaje “ocio, negocios, otros”.
- Acotación temporal del periodo menor a un año.
- Delimitación de la actividad desarrollada antes y durante el periodo de la estancia.
- Localización de la actividad turística como la actividad realizada “fuera de su entorno habitual”.

Entendiendo entorno habitual como “El entorno habitual de una persona consiste en una cierta área alrededor de su lugar de residencia más todos aquellos lugares que visita frecuentemente” OMT (1995).

Sistema turístico: En el sistema turístico intervienen diferentes factores, entre los cuales los elementos básicos en la actividad turística son:

- La demanda: formada por el conjunto de consumidores o posibles consumidores de bienes y servicios turísticos.
- La oferta: compuesta por el conjunto de productos, servicios y organizaciones involucradas activamente en la experiencia turística.
- El espacio geográfico: base física donde tiene lugar la conjunción o encuentro entre la oferta o la demanda.
- Los operadores del mercado: Aquellas empresas y organismos cuya función principal es facilitar la interrelación entre la oferta y la demanda. Como lo son las agencias de viajes, las compañías de transporte regular y organismos públicos y privados que son artífices de la ordenación y/o promoción del turismo.
- El destino turístico: hace referencia al sitio geográfico como tal (País, ciudad, región), hacia el que el turista se dirige; también puede decirse que es aquellas concentraciones tanto de instalaciones físicas como de servicios orientados a satisfacer al turista como tal.

Uno de los elementos básicos en este proyecto a tener en cuenta es la clasificación en la demanda turística, debido a que la captura de información espacio temporal está dirigida a turistas en la ciudad de Popayán. Dicha clasificación está dada por turistas, viajeros y visitantes y estas se ven enmarcadas por personalidades e intereses con diferentes características sociodemográficas, motivaciones y experiencias. Definiéndolos de la siguiente manera [11]:

Viajero: cualquier persona que viaje y desarrolle actividades entre dos o más países o entre dos o más localidades de su país de residencia habitual, es decir la localidad esta por fuera de su entorno habitual.

Visitante: todos los tipos de viajeros relacionados con el turismo.

Turista: pasajero que permanece una noche por lo menos en un medio de alojamiento colectivo o privado del país visitado.

Excursionista: visitante que no pernocta en un medio de alojamiento colectivo o privado del país visitado.

1.8. Generalidades del entorno

El entorno de aplicación está en la ciudad de Popayán, capital del Departamento del Cauca, fundada el 13 de enero de 1537 por Sebastián de Belalcázar. Se encuentra situada a una altura de 1.737 metros sobre el nivel del mar, temperatura promedio de 19 grados centígrados. Es una de las ciudades más tradicionales de Colombia. Entre los lugares de mayor interés se encuentran:

la Capilla de Belén, la Ermita, los templos de San Francisco, El Carmen, la Encarnación, San José, Santo Domingo, y de San Agustín. Así mismo se destacan: la Casa Caldas, el Museo Martínez, la Casa Valencia, la Casa Mosquera. Algunos otros lugares de gran interés son el Puente del Humilladero, la Torre del Reloj, el Morro de Tulcán y el Hotel Monasterio. Existen comunidades indígenas en las cercanías de la ciudad como por ejemplo la comunidad de indígenas Guámbianos en el municipio de Silvia, situada aproximadamente a 59 Kilómetros de Popayán.

Sumado a los atractivos ya mencionados se puede citar el Parque Nacional Natural de Puracé, que ocupa una superficie de 83.000 hectáreas en donde abundan lagunas, cascadas, volcanes, nevados y fuentes termales.

Dentro del entorno de implementación del proyecto se determinaron unos Puntos de Atención al Turista o PAT's, en base a su importancia en la actividad turística de la región y del país en general, dichos puntos se clasificaron según el tipo de actores definidos en el modelo de negocio inicial y se tipificaron como Puntos de Atención Normal, Puntos de Atención con Privilegios y Puntos de Atención Administrador.

Puntos de Atención Normal: Son aquellos puntos de atención donde no se dieron privilegios de visita, estos puntos fueron asignados de acuerdo al valor cultural y turístico que cada uno de ellos tiene en particular, la gran mayoría de estos puntos están constituidos por hoteles, restaurantes, artesanías y sitios de interés cultural y de valor histórico.

Puntos de Atención con Privilegios: Este grupo estuvo representado por aquellos sitios donde se le brindaba al turista un reconocimiento extra(Tipo Bono), al turista por realizar su visita a dicho sitio, esto con la finalidad de acrecentar el número de turistas y de igual forma lograr así una mayor cantidad de captura de datos.

Puntos de Atención Administrador: Estos puntos básicamente sirvieron de control y seguimiento de las actividades planteadas como parte inicial del proyecto.

1.9. Estructura de la tesis

Esta tesis además de la Introducción donde se encuentra el resumen y la estructura general de la misma consta de los siguientes seis capítulos:

- En el Capítulo 2, se presenta el Estado del arte, capítulo en el que se encuentra los conceptos fundamentales, experiencias en captura de información y métodos basados en análisis de la trazabilidad.

- En el Capítulo 3, Modelo para captura y representación de información turística, en el entorno espacio-temporal, este capítulo muestra las alternativas existentes y que pueden aplicar al trabajo de grado.
- En el Capítulo 4, Se da a conocer el Caso de Estudio, se muestra el marco de trabajo general, en donde se espera poder instanciar el modelo presentado en le capítulo 3.
- En el Capítulo 5, Se expone el Prototipo, se hace la presentación de como se instanció el modelo presentado en el capítulo 3 para el caso de estudio mostrado en el capítulo 4.
- En el Capítulo 6, se presenta la Evaluación y el análisis de resultados a partir de la experiencia del caso de estudio y el desarrollo del prototipo se hacen o presentan inferencias respectivas. Este Capítulo hace una presentación en particular de las cadenas de Markov, concepto que es utilizado para determinar la validez o no de las posibles rutas determinadas a partir del análisis de los datos almacenados.
- En el Capítulo 7, se muestran las Conclusiones, recomendaciones finales, lecciones aprendidas y trabajos futuros que están relacionados ya sea con la trazabilidad o con la captura de información bajo el concepto: Espacio Temporal.
- Por último se encuentran los anexos que contienen el listado de la documentación y material que han servido como fuente de aporte al desarrollo de esta tesis.

Capítulo 2

Estado del Arte

En este capítulo se resumen los aspectos de carácter conceptual y tecnológico que son fundamentales para el desarrollo de esta tesis. De tal manera se ha dividido este capítulo en:

- Definiciones y Conceptos Fundamentales
- Tecnologías Relacionadas
- Trabajos Relacionados
- Experiencias Previas- Artículos Relacionados Turismo y Tecnología.
- Patrones de Movilidad
- Conclusiones

2.1. Definiciones y conceptos fundamentales

2.1.1. Trazabilidad

Normalmente se asume la trazabilidad como un instrumento que permite garantizar la calidad¹ de uno o varios productos. El término trazabilidad en su significación está definido por la RAE (Real Academia Española) como:

“Posibilidad de identificar el origen y las diferentes etapas de un proceso de producción y distribución de bienes de consumo” [12]

Como consecuencia de lo anterior, la trazabilidad puede ser tomada como los procedimientos predefinidos y autosuficientes que permiten conocer el carácter histórico, la ubicación y la trayectoria de un producto o ente a lo largo de la cadena de suministros o de su recorrido en un

¹Calidad: Es la totalidad de los rasgos y características de un producto o servicio que se sustenta en su habilidad para satisfacer las necesidades establecidas implícitas

momento dado y mediante herramientas determinadas, respectivamente[13].

En síntesis, la trazabilidad se conceptúa, como la capacidad de reconstruir el historial de un producto o entidad² y las condiciones que lo rodean a lo largo de todo su ciclo de vida[13]. Un aporte que brinda la trazabilidad es el de posibilitar que se identifique el origen de un problema. Ésta capacidad de conocer el historial de un producto permite el acceso a las características en su proceso de construcción y de distribución. A partir de lo anterior, se puede asegurar que el beneficio inmediato de la trazabilidad es tener conocimiento de todo lo que sucede a lo largo de la cadena de producción y así eliminar rápidamente el producto que es inseguro, o que tiene probabilidad de serlo.

El término de trazabilidad puede ser tomado en tres formas [13]:

- Trazabilidad ascendente; la cual consiste en conocer a partir de un producto ya elaborado todos y cada uno de sus diferentes componentes y elementos que han permitido su elaboración.
- Trazabilidad interna, es la información que permite relacionar un producto con las materias primas y los datos más relevantes de su proceso de elaboración, incluidos los resultados del autocontrol que le afectan
- Trazabilidad hacia delante o descendente. Es conocer el destinatario de un producto, así como toda la información relativa a su comercialización.

El concepto de trazabilidad turística en el desarrollo de este proyecto estará relacionado de manera constante con la información espacio temporal obtenida, en razón a que dicha información permite construir una traza y de igual forma cada traza permitirá obtener la actividad que genera el o los turistas en un espacio y tiempo.

Por lo expuesto hasta el momento, el concepto de trazabilidad hacia delante o descendente es el que aplica para el caso turístico; se evaluará la conveniencia del uso de los mapas que ofrece el servicio de google maps ya que esta proporciona una API (Interfaz de programa de aplicaciones), que permite registrar los puntos en el mapa para así realizar seguidamente los trazos[14].

2.1.2. Concepto espacio - temporal

Se define espacio como el escenario donde los actores evolucionan y pasan su tiempo [15] y a su vez tiempo definido en [16], como la manera de ordenar convencionalmente la experiencia para definir el orden de sucesión o simultaneidad de los acontecimientos, o cuando los procesos tienen igual o desigual duración, bajo estos conceptos base se puede definir espacio-temporal

²Ente: Del latín ens, es un concepto filosófico que remite a lo que es, existe o puede existir. Un ente participa del ser y tiene propiedades que como ente le son propias.

como la relación unificada entre espacio y tiempo en que se desarrolla un evento, refiriéndose así a que la noción que se tiene del espacio y el tiempo ya no pueden ser consideradas entidades independientes o absolutas.

Al plantearse un sistema turístico que maneje información espacio-temporal, tendrá que utilizarse igualmente un lenguaje espacio temporal. Mediante este lenguaje a los objetos se les identifica no sólo por su posición relativa en el espacio (x, y, z) sino también por su ubicación temporal (t). La inclusión de esta tercer dimensión o variable temporal permite que la información multivariada, que estos sistemas administran, no sólo sea tratada mediante un lenguaje espacial, la localización de los objetos mediante coordenadas espaciales determinadas, sino que haga referencia a procesos o cambios, a las transformaciones de los objetos a lo largo del tiempo, o a su ubicación temporal.

Un campo para la aplicación de las características objeto-relacionales a dominios concretos o a tipos de sistemas de información con alguna particularidad, está presente en las bases de datos espacio-temporales, cuya representación y gestión pretende dar soporte a aplicaciones como el control de tráfico de una ciudad, el tráfico aéreo en un aeropuerto o el análisis de fenómenos meteorológicos, donde es importante saber la variación en el tiempo de un objeto representado a través de una geometría en particular [17].

2.1.3. Huella digital

Se le llama huella digital a la técnica utilizada para recopilar datos relevantes del objetivo a analizar con el fin de realizar una actividad en particular. Por ejemplo nombres, teléfonos, ips, contactos, usuarios, etc. Una huella digital³ [18] es un rastro dejado por unas interacciones en un entorno digital, incluyendo el uso de TV, teléfono móvil, Internet y la world wide web, web móvil y otros dispositivos y sensores. Las huellas digitales proporcionan datos sobre lo que una entidad ha llevado a cabo en el entorno digital, y son valiosos para ayudar a la segmentación por comportamiento, personalización, marketing dirigido, digital reputación, y otros medios de comunicación social o sociales gráficas servicios.

Para el contexto de este proyecto, se usará el concepto de huella digital como equivalente a la información de trazabilidad.

2.1.4. Captura de información

La obtención de los datos, que alimentan un sistema de trazabilidad, es una de las tareas de mayor interés y por tal razón se debe buscar la mejor técnica para realizarla; debido a la importancia que esta actividad requiere, además de su buena aplicación, se podrán obtener datos esenciales para la construcción de modelos o prototipos que permitan dar una óptima solución

³Huella Digital: Se toma esta instancia de concepto y no implica ninguna relación con el concepto de huella digital dactilar.

o respuesta a una necesidad latente, como lo es, en particular, el análisis y seguimiento de la huella o rastro a través de una ciudad o conglomerado.

En consecuencia a lo anterior y en el caso de la ciudad de Popayán, se usarán para validar el modelo alternativas como: captura mediante dispositivo RFID, información dada por el turista mediante un informe que redactará el turista mismo, una persona presente en el sitio que capture la información, entre otros, en los cuales se podrá registrar el sitio y la hora en que realizó la visita.

2.1.5. Concepto de modelo

Si bien el concepto de Modelo [19] puede cambiar de un campo del conocimiento a otro, así como la mayoría de los significados que puede adquirir, también sirve para representar algo. Un modelo puede ser considerando como una herramienta que permite comprender una parte de la realidad, sin pretender que esta comprensión llegue a ser completa [20]. La principal dificultad para ello, radica en la complejidad que puede encerrar el objeto de estudio tanto si se le considera de manera aislada, como si se le trata de ubicar y estudiar en un contexto, o si en lugar de abordarlo por partes, se decide examinarlo como un todo. Es un hecho que por muchos elementos que se tengan en cuenta, siempre habrán otros que no quepan en un estudio debido a su falta de claridad, nuestro desconocimiento de su existencia, o simplemente la dificultad de medirlos. Considerando lo anterior esta tesis usará la siguiente definición:

Modelo: Es una abstracción que se realiza de un objeto o fenómeno, escogiendo algunos elementos que se consideran representativos y relacionándolos de una forma que tenga sentido, con el propósito de lograr una mejor comprensión de ese objeto o fenómeno [21], [22].

Esta forma de entender los modelos tiene dos connotaciones: 1) todo modelo es una representación subjetiva, y por tanto, un objeto o fenómeno puede tener tantos modelos como personas quieran observarlo, y 2) todo modelo está en continua construcción en la medida en que la persona adquiera nuevos conocimientos y tenga nuevas experiencias relacionadas con el objeto de estudio.

2.2. Tecnologías relacionadas

2.2.1. RFID

La tecnología de identificación por radio frecuencia (RFID) estándar ISO 14443, se refiere al uso de radio frecuencia mediante un lector, con el fin de detectar y leer información proveniente de un dispositivo (Etiqueta RF). Diferente al código de barras, RFID no necesita de campo visual directo entre la etiqueta RF y el lector. Los lectores RFID pueden leer etiquetas RF a través de diferentes objetos, inclusive a través de paredes. La tecnología RFID es más versátil que código de barras y en algunos casos facilita la implementación de aplicaciones, imposibles

de hacerlo bajo la tecnología Código de Barras.

RFID se fundamenta en dos componentes principales, etiquetas RF y lectores de radio frecuencia. RFID ha estado presente desde los años cuarenta, en ése entonces, era utilizada básicamente en aplicaciones de radares. Hace algunos años que la tecnología RF ha mejorado notablemente y bajado de precio ostensiblemente de tal forma que ha sido tenida en cuenta en diferentes aplicaciones e incorporada en diversos productos.

RFID a partir de etiquetas, se divide en:

- Activas, poseen su propia fuente de energía y así emitir una señal de radio frecuencia, dichas etiquetas son un grupo de microchips con distintos tamaños, algunos muy pequeños, con una pequeña antena, y almacenan un único identificador.
- Pasivas, constituida de pequeñas fibras (aleaciones) que son colocadas en diferentes productos al momento de ser fabricadas. Esta tecnología no requiere de una fuente de energía ya que al colocarse en contacto con una señal de radio frecuencia son excitadas y regresan una señal de resonancia magnética que es capturada por el lector.

Algunas etiquetas RF son capaces de almacenar no sólo un identificador único sino que la información ahí contenida puede ser alterada dependiendo de los requerimientos.

A diferencia de las etiquetas RF activas, que son más caras, las etiquetas RF pasivas pueden ser mucho más económicas de producir y aún más versátiles que las etiquetas RF activas, dado que pueden ser incorporadas en diversos materiales y en la mayoría de los casos, son prácticamente invisibles al ojo humano.

La tecnología RFID se puede utilizar para múltiples aplicaciones.

1. Identificación de objetos (productos, documentos, etc.): permite identificar objetos a nivel individual con un número único de serie.
2. Autenticación de productos: permite determinar si un objeto es original o si ha sido falsificado.
3. Rastreo de productos: Los productos con tecnología RFID pueden ser rastreados efectivamente y de forma automática.

2.2.2. Tecnología NFC

Es una simple extensión del estándar ISO 14443 (RFID), consiste en una tecnología de comunicación inalámbrica, de corto alcance y alta frecuencia, permite el intercambio de datos entre dispositivos a menos de 10cm.

Como en ISO 14443, NFC se comunica mediante inducción en un campo magnético, en donde dos antenas de espira son colocadas dentro de sus respectivos campos cercanos. Trabaja en la banda de los 13,56 MHz, esto hace que no se aplique ninguna restricción y no requiera ninguna licencia para su uso.

Soporta dos modos de funcionamiento, todos los dispositivos del estándar NFCIP-1 deben soportar ambos modos:

Activo: ambos dispositivos generan su propio campo electromagnético, que utilizarán para transmitir sus datos.

Pasivo: sólo un dispositivo genera el campo electromagnético y el otro se aprovecha de la modulación de la carga para poder transferir los datos. El iniciador de la comunicación es el encargado de generar el campo electromagnético.

El protocolo NFCIP-1 puede funcionar a diversas velocidades como 106, 212, 424 o 848 Kbit/s. Según el entorno en el que se trabaje, las dos partes pueden ponerse de acuerdo de a qué velocidad trabajar y reajustar el parámetro en cualquier instante de la comunicación [23].

Usos de la tecnología NFC:

Identificación: El acceso a lugares donde es precisa una identificación podría hacerse simplemente acercando nuestro teléfono móvil o tarjeta NFC a un dispositivo de lectura.

Recogida/intercambio de datos: Acciones como marcar dónde estamos, recibir información de un evento o establecimiento son inmediatas.

Pago con el teléfono móvil: Este es el uso estrella de NFC. La comodidad de uso y que el gasto pueda estar asociado a nuestra factura o cuenta de banco son ventajas muy fuertes.

2.3. Trabajos previos

A continuación se dan a conocer los trabajos de investigación relacionados con las temáticas de desarrollo turístico, trazabilidad y captura de información espacio temporal. Esta serie de trabajos previos se han clasificado entre Internacionales y Nacionales

2.3.1. Trabajos de investigación relacionados con modelos

2.3.1.1. Trazabilidad, representación de la huella digital

La trazabilidad es de gran importancia en el momento de analizar resultados, ya que ésta muestra el recorrido realizado por el turista o turistas, revelando aspectos novedosos de la presencia y el movimiento de los turistas durante su visita al lugar turístico, utilizando (como

es el caso de “Managing Your Digital Footprint” [18]) patrones temporales y espaciales para proporcionar nuevas pruebas, a los diferentes tipos de presencia, que se producen en los puntos de interés turístico.

En [24] se encuentra una visión diferente de la representación de la información a través de la “Sintaxis Espacial”, donde busca cómo fin entender como la estructura espacial de la ciudad está relacionada con los aspectos de su función social. Fundamentándose principalmente la sintaxis espacial en la representación de la ciudad a través de nodos y enlaces, formando un mapa axial de las calles.

Estos trabajos se relacionan con el presente trabajo de grado fundamental en la importancia que tienen los patrones tanto de tiempo y espacio para apartir de ellos obtener importantes conclusiones y poder determinar nuevas pruebas de acuerdo a los diferentes tipos de presencia que pueden llegar a sucederse, de igual forma se muestra la posibilidad de representar una ciudad mediante nodos y enlaces, aspecto que resulta de interés para el caso de la representación.

2.3.1.2. Métodos para observar y comprender una ciudad digital. Captura espacio temporal

Cada vez en los medios tecnológicos la importancia de la Ubicuidad es más notable e imprescindible para los diseñadores de sistemas telemáticos, permitiendo ofrecer información a los analistas del sistema y establecer estrategias hacia al mejoramiento de un servicio, es por eso que [24] muestra la forma para entender la ciudad a través de un sistema que integra formas físicas y digitales, además de las relaciones que se establecen con la gente y/o con los usuarios, también describe la forma cómo se han utilizado los dispositivos Bluetooth para obtener métodos que permitan observar, registrar y modelar la ciudad física, digital y socialmente. A la par divulgan las experiencias obtenidas en el desarrollo de tales aplicaciones y la manera de capturar la información que resulta relevante para el sistema. De esta manera coloca de manifiesto la importancia de ir, en ese caso, más allá de lo que la tecnología Bluetooth ofrece o permite, la idea es la de avanzar a partir de los datos entregados inicialmente y desarrollar aplicaciones que faciliten un análisis más profundo, lo cual sugiere la apropiación de la tecnología como tal.

la relación que este trabajo presenta se focaliza en la muestra que hace acerca de la utilización de una tecnología en particular con la finalidad de poder registrar y modelar una ciudad , aspecto que es de gran interés para este trabajo de grado.

2.3.1.3. Similitudes en la información buscada por los viajeros dentro de la ciudad. Captura de la información

En [25] encontramos que se centra en la comprensión de la competitividad en el turismo europeo, basado en el análisis de los datos entregados por los turistas a un sitio web creado

para tal fin, se muestran los diferentes pasos para capturar, recolectar y analizar la información entregada por los usuarios. De igual modo se establecen nuevas estrategias de fiabilidad para que los datos sean cada vez mayores, la estrategia presentada consiste en colocar las diferentes ciudades europeas a competir en cuanto a preferencias en el momento de ser visitadas, es decir se recoge la información de los usuarios una vez han visitado cada una de las ciudades y se establecen prioridades en cuanto a los lugares visitados y las ciudades que no sólo aparecen como las más atractivas, es así como se establecen aquellas que mejor servicio ofrecen a los visitantes. También muestra la importancia que tiene la captura y el análisis de la información en un sistema de información, y deja de manifiesto la relevancia que tiene cada uno de los datos entregados por los usuarios que acceden al sistema.

La relación de este trabajo con el trabajo de grado presente esta en el panorama que ofrece en cuanto a captura, recolección y análisis de la información turística; la relación se sustenta en la importancia que se le dá al diseño de una estrategia que facilite la captura de información ante todo

2.3.1.4. Trazabilidad alimentaria mediante nuevas tecnologías.

En [26] se intenta mostrar a las pequeñas y medianas empresas del sector de la alimentación el beneficio que puede tener para ellas la introducción de la tecnología RFID y WSN para mejorar sus procesos y la trazabilidad de sus productos. El sistema busca recopilar la información de producción, sensorización, temperatura, humedad, movimientos de las mercancías a lo largo de la cadena de suministro y la distribución. Toda esta información se incluye en sistemas estandarizados con la finalidad de posibilitar su acceso y distribución a los agentes que intervienen en el proceso. Toda la información se relacionará y se indexará de manera que se pueda consultar con facilidad.

Este trabajo se relaciona con el presente en cuanto a que ofrece, la posibilidad de uso de tecnologías que igualmente han sido valoradas a tener en cuenta en este trabajo de grado, ejemplariza como se pueden analizar las características que deben ser estudiadas, si se quiere garantizar acceso a la información por parte de los usuarios o futuros usuarios del sistema.

2.3.2. Trabajos de investigación relacionados con mapas

2.3.2.1. Trazabilidad, análisis de datos

Cuando se trata de realizar el análisis respectivo de los datos derivados de la trazabilidad del movimiento de usuarios, o de un grupo en particular resulta, básico escudriñar en los datos que están aparentemente ocultos a la información inicialmente entregada. En [27] se presenta como a partir de la huella digital dejada por las personas que acceden a mapas en línea, los equipos, que hacen parte del sistema de captura de la información, pueden inferir los intereses que presentaron los usuarios al utilizar los mapas [28].

En [27] se puede conocer cómo un sistema exploratorio, como lo es HOT MAP, aprovecha la estructura de los datos que permanecen bajo la información inicial para visualizarlos e inferir, a partir de estos, los verdaderos intereses que han presentado un grupo de usuarios de los mapas en línea. De igual forma HOT MAP proporciona una vista social del mundo, trazando una noción casi palpable de la misma. Esta visión social permite considerar el lugar donde los usuarios encuentran el mundo más interesante y qué partes del mismo valen una mirada más atenta. Este tipo de información permite a los analistas, investigadores, y diseñadores entender mejor cómo los usuarios obran recíprocamente con el mundo.

Los anteriores trabajos están relacionados con el presente trabajo de grado en cuanto a concepto o forma en que realizan aprovechamiento que hacen de los datos asociados a la información inicial, es decir muestran como esos datos que inicialmente están bajo la información primordial pueden llegar a ser de gran aporte en la consecución de información alterna.

2.3.2.2. Exploración visual de bases de datos espacio temporales

En [29] se presentan la posibilidad de hacer uso de técnicas de visualización, las cuales pueden mejorar los procesos de descubrimiento y conocimiento de datos georeferenciados, de igual forma motiva desarrollos en el nuevo campo conocido como Geovisualización.

La relación que este trabajo presenta con el presente trabajo de grado se basa en la posibilidad que se ofrece a los usuarios en el momento de realizar una consulta; en razón a que mediante ayudas de tipo gráfico este trabajo de grado permite al usuario determinar los puntos de mayor interés y de mayor afluencia igualmente.

2.3.2.3. Aplicación de sistemas de información en la región de la Paz

En [30] se muestra como Mientras otros Sistemas de Información tradicional contienen sólo datos alfanuméricos como: nombres, direcciones, números de cuenta, etc., las bases de datos de un sistema que involucre datos de ubicación dentro de un marco geográfico como una ciudad o región debe de integrar la delimitación espacial de cada uno de los objetos geográficos de interés. Para el caso particular del turismo dicha información será o estará representadas por las coordenadas de latitud y longitud de cada uno de los puntos que se ofrezcan como destinos.

Este trabajo se relaciona con el presente trabajo de grado en la importancia que presenta y el marco de trabajo en cuanto a los aspectos a tener en cuenta cuando se diseña un modelo que contenga información de tipo geográfico, nos permite determinar características alternas a considerar para los sistemas de información que se alimentan de datos geográficos o cartográficos igualmente.

2.3.3. Trabajos de investigación relacionados con turismo

2.3.3.1. Portal eco turístico y multicultural del Cauca

Una de las implementaciones en cuanto a la promoción, información y comercio virtual del turismo en el Cauca es el proyecto Tampu en sus diferentes etapas o fases. Como inicio (Fase I) el proyecto Tampu busca promocionar la riqueza turística y ecológica del departamento del Cauca [7], resaltando la importancia del turismo a nivel mundial y la necesidad de promocionarlo utilizando la tecnología de redes telemáticas, especialmente la internet, dando al Cauca una imagen turística que no había sido ampliamente difundida y además fomentando el desarrollo de las empresas locales debido a la incorporación del servicio de comercio electrónico (Fase II) [8], acoplándose Tampu a la definición de e-marketplace⁴, donde se beneficiaran con esto tres sectores: compradores, vendedores y proveedores.

El presente trabajo de grado puede hacer uso de la información obtenida por TAMPU, con el fin de obtener nuevas alternativas en cuanto a destinos, tomados como puntos de atención y a partir de dicha información aportar al fortalecimiento del sector turístico e igualmente aportar al avance o desarrollo de nuevas tecnologías para el departamento del Cauca.

2.3.3.2. Viabilidad para la comunidad virtual de turismo del Cauca.

Para que el turismo sea un factor determinante en la economía del departamento del Cauca es necesario contar con mecanismos adecuados para darlos a conocer, es por eso que en [9] presenta un estudio de la viabilidad en la implementación de una comunidad virtual de turismo (CVT) para el Cauca, cuyo objetivo principal es crear una CVT con un conjunto de servicios que permita promocionar el departamento a nivel nacional e internacional, con el fin de generar un impacto socioeconómico positivo mediante el incremento del número de visitantes. En este proyecto [9] se evalúa la participación de las empresas intermediadoras y los sitios turísticos (hoteles, restaurantes, empresas de transporte y agente de viajes) con disposición de utilizar el prototipo generado por este proyecto [9], en donde sólo el 3 % no participarían ni invertirían en el proyecto.

Este trabajo se relaciona altamente con el presente en virtud de que al poderse contar con una comunidad virtual, dicha comunidad puede ser aprovechada para promocionar destinos turísticos, mejores rutas, alimentar las fuentes de captura de información turística y en general difundir la imagen y al departamento del Cauca como destino a visitar y no solo en la acostumbrada época religiosa de Semana Santa, de igual forma el acceso a una comunidad virtual facilita aún más la difusión de nuevas posibilidades para la promoción a nivel nacional e internacional del departamento del Cauca.

⁴e-marketplace: es una comunidad en línea donde los compradores corporativos y vendedores conviven para colaborar, comunicarse y dirigir negocios, se basa en la interacción directa entre compradores y vendedores, de tal manera que se evita el involucrar intermediarios [20]

2.3.3.3. Sistema de trazabilidad turística para el departamento del Cauca a modo de prueba piloto

En el sector turístico se identifica la necesidad de tener una fuente fiable de información y el manejo que se le dé a la actividad turística, es por eso que se propone una alternativa la cual está basada en la entrega de información por parte del turista en puntos previamente establecidos, denominados Puntos de Actividad Turística en intercambio a un beneficio para el turista, permitiendo la captura de información del turista y su actividad, abordando así el problema de soporte de datos en el sector turístico. Esta alternativa estará basada en un piloto de trazabilidad turística [10].

La relación que existe con este trabajo está fundamentada en el hecho de que se tiene como objetivo de este trabajo de grado, ofrecer un modelo para captura y representación de la información turística en general; el hacer parte del proyecto de sistema de trazabilidad turística para el departamento del Cauca a modo de prueba piloto, posibilita de una gran manera no solo el desarrollo e implementación de nuevas tecnologías, sino que igualmente brinda un gran marco de trabajo para promocionar o vender la imagen del departamento desde todos sus aspectos no solo turísticos, aportar un modelo para el proyecto mencionado hace posible estudiar o analizar como pueden adoptarse diferentes tecnologías en este departamento, en donde el avance o la aplicación tecnológica esta aún naciente.

2.4. Síntesis

1. El concepto de trazabilidad tiene hoy varias connotaciones y pasa de ser tomada como una simple inspección o seguimiento a un protocolo o a un grupo de acciones a ser considerada como un análisis profundo de la trayectoria o camino que sigue un ente o entidad en la consecución de una acción o en el alcance de un objetivo particular.
2. Espacio y tiempo se constituyen dos variables fundamentales en los sistemas de análisis de la información, la fluctuación de estas variables y su interrelación, así como la posibilidad de obtener información en conjunto de estas, constituye el reto para los posteriores sistemas de información.
3. La elaboración de huellas digitales a partir de la información obtenida en la trazabilidad sirve como base en la conformación de rutas, de sitios de mayor conglomerado y similar.
4. Establecer modelos que permitan la captura de la información, no solo facilitan el conocimiento de los diferentes agentes que participan de una actividad, sino que permite establecer la importancia de sus roles.
5. A nivel de tecnologías resaltan RFID y NFC resultan ventajosas código de barras, ya que ofrece un alto nivel de seguridad en la captura de la información y su probabilidad de error en la obtención de datos del usuario es mínima, lo cual hace que resulte una tecnología apropiada para los sistemas basados en captura de datos.
6. Las experiencias previas se centran en prevalecer la optimización de servicios y de negocios en general a partir del uso o la aplicación de tecnologías que permiten analizar los datos obtenidos y construir una huella o una trayectoria que pueda servir como punto de partida para la solución de diferentes problemas, a diferencia de esta propuesta que se enfoca en presentar un modelo para la captura y representación de trazabilidad.

Capítulo 3

Modelo de Captura y Representación de Información Turística Espacio - Temporal para Trazabilidad

El presente capítulo se ha denominado: “Modelo de Captura y Representación de Información Espacio - Temporal para Trazabilidad”, en razón a que contiene los aspectos fundamentales e inherentes al modelo de solución propiamente dicho [31]. Este modelo esta constituido básicamente por dos grandes bloques que son: el Modelo de Captura y el Modelo de Representación de la Información los cuales tiene como finalidad obtener la trazabilidad respectiva, el modelo de representación de información a su vez se divide en visualización de la información y representación formal.

Este capítulo se encuentra dividido de la siguiente manera:

- En primera instancia se encuentran las generalidades del modelo de captura y representación de información en el entorno espacio - temporal para trazabilidad, en el cual se plantea el punto de partida para la captura de información.
- En una segunda sección, se plantean las funciones del modelo de captura y representación de información turística en el entorno espacio - temporal para trazabilidad.
- En la tercera sección, se presenta las alternativas de representación de información basado en modelos formales e identificando el modelo a implementar en este trabajo de grado.

3.1. Generalidades

Con la finalidad de hacer claridad sobre el concepto de modelo, se puede señalar lo siguiente:

3.1.1. Modelo

De forma complementaria al concepto de modelo presente en la sección 2.1.5 del capítulo 3 y con el objetivo de conceptualizar el modelo, en la tabla 3.1 se han recogido los aspectos mas generales a tener en cuenta, dichos aspectos son: definición, tiempo de uso, formas y razones de uso y usuarios de la misma presentes en [31].

Aspecto	Concepto
<i>¿Qué es?</i>	Es una compilación y síntesis de recomendaciones aplicadas a las tareas asociadas a la misión de capturar información para luego ser utilizada para trazabilidad.
<i>¿Cuándo usar?</i>	Cuando un actor o un conjunto de ellos, desee emprender la tarea de construir un modelo de captura y representación de información bajo un entorno Espacio - Temporal y con fines de obtener una huella o muestra basándose en la trazabilidad que se puede derivare de los datos capturados.
<i>¿Cómo usar?</i>	Se recomienda que los actores interesados en la construcción de un modelo de captura y representación de información en el entorno espacio temporal para trazabilidad, evalúen primero el contexto de la actividad y procedan a desarrollar las actividades sugeridas, las cuales están a nivel macro. Una vez, en cada fase, se presentan una serie de actividades de segundo nivel que se sugieren sean revisadas periódicamente en términos de planeación y seguimiento. Estas actividades no constituyen un marco de referencia obligatorio, sino una guía para las mismas, para que sean adaptadas por cada equipo de trabajo interesado en utilizar el modelo en un caso específico.
<i>¿Quién usaría el modelo?</i>	El colectivo uni o interdisciplinar que desee evaluar y elaborar un modelo de captura y representación de información particular en un entorno Espacio - Temporal.

Tabla 3.1: Aspectos generales modelo de captura y representación de la información.

3.1.2. Diagrama del modelo de captura y representación de información espacio-temporal

Establecidos los aspectos generales que aplican a todo modelo de captura y representación de la información bajo el concepto espacio temporal basado en trazabilidad, se muestra a continuación el diagrama de componentes o bloques de dicho modelo, Figura 3.1

La Figura 3.1 muestra el contenido global del modelo, en las figuras siguientes se muestra el modelo como la composición de dos partes una primer parte o bloque que constituye el modelo de captura propiamente dicho y una segunda parte o bloque la cual constituye el modelo de representación de la información y este ultimo a su vez se divide en visualización y modelos formales. Los modelos formales se tratara en la sección 3.3.

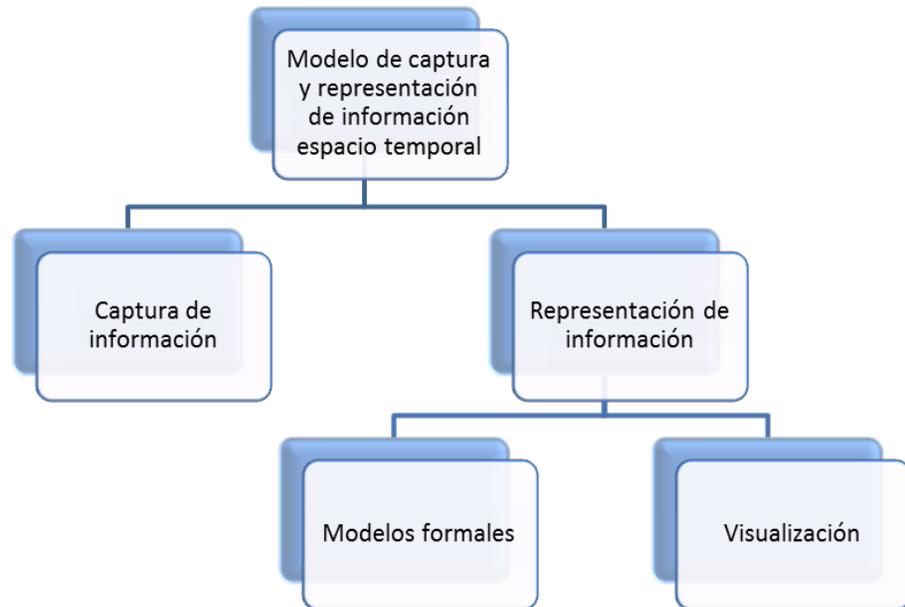


Figura 3.1: Diagrama general en bloques del modelo de captura y representación de información espacio-temporal.

El modelo planteado para Captura de Información Espacio-Temporal en el proyecto consta de 2 módulos (ver Figura 3.2), el primero indica la presencia de un objeto en movimiento (persona o elemento) y el segundo es la tecnología o técnica que se utilice para registrar el movimiento del objeto.

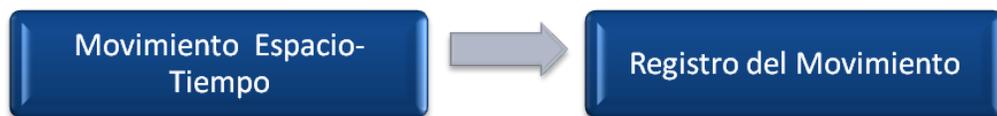


Figura 3.2: Diagrama en bloques del modelo de captura de información espacio-temporal.

El modelo planteado para Visualización en Representación de Información Espacio-Temporal para en el proyecto consta de 2 módulos (ver Figura 3.3), el primero indica el procesamiento de la información y el segundo consiste en la visualización propiamente dicha.

En este caso el procesamiento de la información consiste en la recepción de los datos, el análisis de los mismos, este análisis deberá de ser una especie de filtro de la información, es decir tendrá criterios que permitir establecer cuales de los datos obtenidos corresponden a movimientos a tener en cuenta y que sean representativos para elaborar la respectiva visualización.



Figura 3.3: Diagrama en bloques del modelo de representación de información espacio-temporal.

En cuanto a visualización se define como el mapeo de los datos a representaciones que pueden ser percibidas, los tipos de mapeo pueden ser visuales, auditivas, táctiles, etc. o una combinación de es estas [32]. Así en este trabajo visualización consiste en la herramienta mediante la cual se muestran a partir de las trazas representativas de las huellas digitales los respectivos gráficos y cuales determinan los puntos de mayor concurrencia o afluencia. La visualización como tal permite a posteriori la determinación de rutas o sugerir rutas mas efectivas para obtener el fin ultimo que se pretenda alcanzar.

3.1.3. Contexto de aplicación

En razón a que el modelo presentado puede ser aplicado a diferentes ambientes o áreas, se hace necesario que se defina muy bien el entorno donde va a ser aplicado el modelo, la determinación concreta del contexto permitirá obtener los mejores resultados al momento de ser implementado.

Dicho contexto [33], deberá ser analizado desde las diferentes variables que pueden llegar a poder afectar los resultados como tal, dichas variables o aspectos pueden ser entre otros: geográficos, tecnológicos, económicos en sentido de implementación y socio culturales.

Establecer el contexto permite fundamentalmente establecer las mejores actividades para cada una de las fases que se desprenden de cada uno de los módulos y submódulos que constituyen el modelo en general, seleccionar la mejor técnica de captura, método de análisis y las mejores tecnologías de representación son consecuencias directas de un adecuado análisis contextual.

3.2. Funciones del modelo de captura y representación de información en un entorno espacio - temporal para trazabilidad

A continuación se presenta de manera gráfica las funciones de las que consta el modelo de captura y representación de información turística en el entorno Espacio - temporal (MCRIE-T).

Figura 3.4

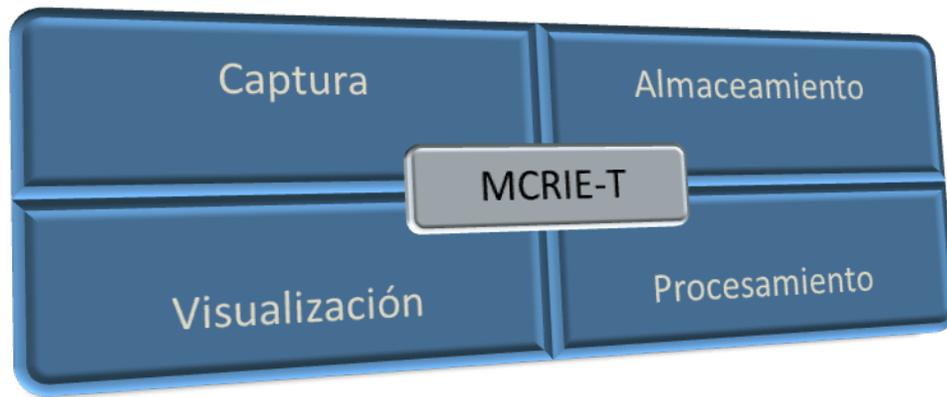


Figura 3.4: Diagrama general de funciones del modelo de captura y representación de información espacio-temporal.

3.2.1. Función de captura

Como su nombre lo indica esta función consiste en el proceso de lograr tomar los datos de información de una actividad relevante, la cual permitirá determinar la traza de su actividad y con esta información y la de otros objetos o agentes igualmente, poder llegar a concluir en cuanto a los mayores puntos o sitios de mayor afluencia en cuanto a visitas se refiere. Las diversas formas de cómo capturar la información sera una temática que se abordara con total despliegue en el siguiente capítulo del presente trabajo de grado.

3.2.2. Función de almacenamiento

Esta función es aquella que permite tomar los registros con la información ya capturada y sumarla a los registros de otros objetos o agentes en una misma base de datos para su posterior procesamiento.

3.2.3. Función de procesamiento

Consiste en determinar a partir de la información registrada y mediante el análisis estricto de cada una de las posibles variables que afectan dicha información, como por ejemplo naturaleza del agente u objeto, condiciones de localización espacial, preferencias entre otras, los datos que ganan por importancia y cuya información es altamente representativa para el caso de estudio; este procesamiento de la información constituye la herramienta básica en la posterior visualización.

3.2.4. Función de visualización

Consiste en dar a conocer el resultado del procesamiento de la información mediante las herramientas adecuadas, esta función tiene la particularidad de poder evidenciar de manera gráfica a manera de huella digital la traza dejada como parte de la actividad analizada en el procesamiento de la información turística, de la igual forma esta función deberá de permitir realizar consultas por tipo de agente u objeto y arrojará la imagen o imágenes de su movimiento o movimientos realizados.

3.3. Alternativas de representación basado en modelos formales

Los modelos formales son modelos científicos basados en un lenguaje matemático que permite hacer la traslación del sistema a su parte formal. Para análisis de representación turística se utilizan modelos formales como series de tiempo, grafos, redes de petri, modelos de markov, modelos ocultos de markov, colonia de hormigas entre otros

3.3.1. Series de tiempo

Por serie de tiempo nos referimos a un conjunto de datos que se recopilan, observan o registran en diferentes momentos del tiempo con el objetivo de explicar, describir, predecir y controlar algún proceso. La unidad de tiempo puede ser: Hora, día, mes, trimestre, año o cualquier periodo que se pueda considerar de interés.

El objetivo del análisis de las series de tiempo es llegar a describir la variable como cierta función del tiempo que permita analizar con detalles el pasado y hacer pronósticos futuros de diversos fenómenos [34], para así planificar y prevenir

Las observaciones de una serie de tiempo serán denotadas por $x(t_1)$, $x(t_2)$, ..., $x(t_i)$ con $x(t_i)$ el valor de la variable x en el instante t_i . Si $T = Z$ se dice que la serie de tiempo es discreta y si $T = R$ se dice que la serie de tiempo es continua. Cuando $t_{i+1} - t_i = k$ para todo $i = 1, \dots, n-1$, se dice que la serie es equiespaciada (a tiempos de intervalos iguales), en caso contrario será no equiespaciada. El tratamiento numérico de las series puede ser variado y la metodología a utilizar depende de los objetivos planteados. Las series de tiempo se presentan las siguientes componentes:

- **Tendencia Secular:** Es la componente de largo plazo que representa el crecimiento o declinación de una serie histórica.
- **Variación Estacionalidad:** Representa un movimiento periódico de corto plazo.
- **Variación Cíclica:** es la componente que representa las oscilaciones periódicas de amplitud superior a un año.

- **Variación Aleatoria:** Es un comportamiento irregular generado por fluctuaciones causadas por sucesos impredecibles o no periódicos.

Así los modelos de series de tiempo trabajan capturando los patrones en los datos históricos extrapolándolos en el futuro. Los Modelos de series de tiempo son adecuados cuando se puede asumir una cantidad razonable de datos y una continuidad en el futuro próximo de las condiciones que se presentaron en el pasado. En [35], utiliza series de tiempo con el objetivo de obtener un modelo que pueda proyectar a corto plazo la cantidad de turistas Argentinos y Brasileños en Uruguay, es el caso también de [36], que hace uso de las series de tiempo para obtener patrones de llegadas de turistas analizado si son o no estacionarios. Los modelos con series de tiempo se adaptan mejor al corto plazo del pronóstico. Esto se debe a la hipótesis de que los patrones pasados y las tendencias actuales se asemejan a los patrones y tendencias que se van a presentar en el futuro.

3.3.2. Grafos

Un grafo es un par $G = (V, A)$, donde V es un conjunto finito no vacío (a cuyos elementos llamaremos vértices o nodos) y A es una familia finita de pares no ordenados u, v de vértices de V (a cuyos elementos llamaremos aristas o arcos). Un grafo simple es un par $G = (V, A)$, donde V es un conjunto finito no vacío y A es un conjunto finito de pares no ordenados u, v de vértices distintos de V .

Si $a = u, v$ es una arista de G , escribiremos sólo $a = uv = vu$, y diremos que:

- Los vértices u y v son adyacentes.
- La arista uv es incidente con los vértices u y v (también diremos que uv une los vértices u y v).
- Los vértices u y v son incidentes con la arista uv (también diremos que u y v son extremos de uv).
- El vértice u (o el vértice v) y la arista uv son incidentes.

Además, se dice que:

- Dos aristas son adyacentes si y sólo si tienen algún extremo común.
- Un vértice es aislado si no tiene otros vértices adyacentes.

Por ejemplo, un grafo $G = (V, A)$ con $V = a, b, c, d, e, f$ y con $A = ab, ad, bc, bf, cd, cf$ se puede representar gráficamente como se indica en la Figura 3.5, de este grafo se puede decir, por ejemplo, que los vértices a y b son adyacentes y son incidentes con (o son extremos de) la arista ab , que la arista ab es incidente con (o une) los vértices a y b , que el vértice a y la arista ab son incidentes, que las aristas ab y bc son adyacentes (en este caso, el extremo común es el vértice b) y que el vértice e es aislado.

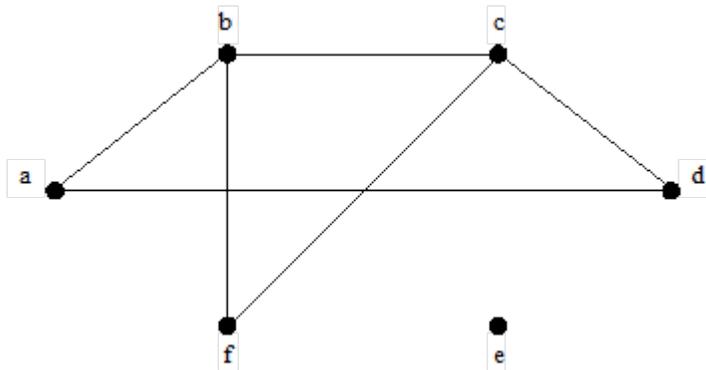


Figura 3.5: Grafo.

3.3.3. Redes de petri

Herramienta de naturaleza gráfica para el diseño y análisis de sistemas dinámicos de eventos discretos, se representa gráficamente por un grafo dirigido bipartito. Los dos tipos de nodos, lugares y transiciones representan, las variables que definen el estado del sistema (lugares) y a sus transformadores (transiciones) [37].

Las Redes de Petri están compuestas de cuatro componentes básicos que forman su estructura: Un conjunto de lugares P , un conjunto de transiciones T , la función de entrada I , y la función de salida O .

- Las funciones de entrada y salida relacionan las transiciones y los lugares.
- La función de entrada I es un mapeo a partir del conjunto de lugares de entrada hacia la transición t_j , la función se puede escribir como $I(t_j)$.
- La función de salida O es un mapeo a partir de la transición t_j hacia el conjunto de lugares de salida, la función de salida se puede escribir como $O(t_j)$.

Una estructura de Red de Petri RP , es una cuarteta $RP = (P, T, I, O)$, donde:

1. $P = p_1, p_2, \dots, p_n$ es un conjunto finito de lugares, $n = 1$.
2. $T = t_1, t_2, \dots, t_m$ es un conjunto finito de transiciones $m = 1$.
3. El conjunto de lugares y el conjunto de transiciones son disyunciones; entonces:
 $R \cup T \neq \emptyset$ y $P \cap T = \emptyset$
4. $I : P \implies T$ es la función de entrada, un mapeo desde los lugares de entrada hacia el conjunto de transiciones.

5. $O : T \implies P$ es la función de salida, un mapeo desde las transiciones hacia el conjunto de lugares de salida.

- La cardinalidad del conjunto P es n , y la cardinalidad del conjunto T es m ; $n, m \in \mathbb{N}$ (\mathbb{N} en los números naturales).
- Un elemento arbitrario de P es pi , donde $i = 1, \dots, n$, y un elemento arbitrario de T es tj , donde $j = 1, \dots, m$.

Entre las áreas de aplicación de las redes de petri están los diseños de software, análisis de datos, programación concurrente, fiabilidad, flujo de trabajo, además de otros y en área de turismo en [38], donde presenta un modelo basado en agentes para el turismo virtual basado en la orientación de objetos de las redes de petri para especificar las componentes de sistemas de agentes móviles como módulos autónomos.

3.3.4. Modelos de markov

El análisis de Markov es un procedimiento que se utiliza para describir el comportamiento de un sistema en una situación donde confluyen varias variables, prediciendo los movimientos del sistema entre diferentes posibles estados en un tiempo determinado. El análisis Markoviano o proceso de Markov está formado por un conjunto de objetos y un conjunto de estados. Si el número de estados es contable tal proceso de Markov se denomina Cadena de Markov. Una cadena de Markov es un proceso estocástico discreto en el que el pasado es irrelevante para predecir el futuro dado el presente.

Es decir un proceso de Markov es una secuencia X_0, X_1, X_2 , etc de variables aleatorias cuyo conjunto de sus posibles valores se denomina el espacio de estados.

El valor de X_n es el estado del proceso en el tiempo n . Se cumple que (propiedad de Markov): $P(X_{n+1} | X_0, \dots, X_n) = P(X_{n+1} | X_n)$

En este caso las variables X_i solo pueden tomar un conjunto finito de valores. Una forma de visualizar un proceso es mediante un grafo dirigido. El arco que va del estado i al j estará etiquetado con $P(X_{n+1} = j | X_n = i)$ (probabilidad de transición) Este grafo se puede representar mediante una matriz (matriz de transición), cuyos elementos son no negativos y menores o iguales a 1. Cualquier renglón suma 1, y representa la probabilidad de pasar de una estado a otro.

Los principales campos de uso de predicciones en base al análisis de Markov son de suma importancia para el manejo de sistemas y procesos en todo tipo de organizaciones, pudiendo ser utilizada para ayuda en la toma de decisiones con respecto al movimiento de personal, inventarios, comportamiento de clientes, etc

3.3.5. Modelos ocultos de markov

El modelo oculto de markov (HIDDEN MARKOV MODEL. HMM) es un modelo estadístico en el que se asume que el sistema a modelar es un fenómeno aleatorio del tiempo (proceso de markov). Asumiendo que el sistema estudiado sigue un proceso de Markov con parámetros desconocidos. La tarea fundamental consiste en determinar los parámetros ocultos a partir de los parámetros observados. La diferencia fundamental respecto a un modelo de Markov habitual consiste en que los estados no son directamente visibles para el observador, pero sí lo son las variables influenciadas por el estado. Cada estado tiene una distribución de probabilidad asociada sobre el conjunto de posibles valores de salida. La secuencia de valores de salida generados a partir de un HMM nos dará cierta información sobre la secuencia de estados. Los tres problemas fundamentales a resolver en el diseño de un modelo HMM son:

- Dado el HMM ¿cuál es la probabilidad de una secuencia de observables? (algoritmos forward y backward)
- Dado el HMM y una secuencia de observables ¿cuál es la secuencia de estados más probable que ha generado la secuencia observable? (algoritmo de Viterbi)
- Dado un conjunto de estados y una colección de secuencias observables, ¿cual es el HMM mas probable que ha generado las secuencias? (algoritmo de Baum-Welch)

3.3.6. Colonia de Hormigas

Ant Colony System estudia los sistemas artificiales de hormigas inspirados en la conducta colectiva de hormigas reales, utilizados para resolver problemas de optimización combinatoria. Colonia de Hormigas, se basa en el comportamiento estructurado de una colonia de hormigas donde individuos muy simples de una comunidad (colonia), se comunican entre sí por medio de una sustancia química denominada feromona, estableciendo el camino más adecuado entre su nido y su fuente de alimentos.

El método consiste en simular la comunicación indirecta que utilizan las hormigas para establecer el camino más corto, guardando la información aprendida en una matriz de feromonas.

Actúan como iteraciones entre elementos de bajo nivel que producen la resolución de complejos problemas a nivel global. Esta iteración se produce a través del medio estableciendo un flujo de información entre los miembros de la colonia. Este es el modelo de comunicación de las hormigas, una comunicación por el medio ambiente, denominado "stigmergia".

Este comportamiento social no sólo se presenta en hormigas, existen otras especies que lo utilizan para solventar sus necesidades y mediante la cooperación de individuos, lograr sus metas. Se involucran tres condiciones fundamentales:

- Un objetivo
- Reglas de interacción
- Un universo donde interactuar.

El Sistema de Hormigas se caracteriza por el hecho de que la actualización de feromona se realiza una vez que todas las hormigas han completado sus soluciones, y se lleva a cabo como sigue: primero, todos los rastros de feromona se reducen en un factor constante, implementándose de esta manera la evaporación de feromona.

A continuación cada hormiga de la colonia deposita una cantidad de feromona que es función de la calidad de su solución.

Las hormigas utilizan el depósito de feromonas para recordar su comportamiento, es decir, acumular el conocimiento que van adquiriendo del problema a resolver. En un primer momento, todos los arcos presentan la misma probabilidad y para ello se considera oportuno introducir un pequeño valor de feromona, cantidad que hace posible que caminos sin explorar también tengan probabilidad de ser recorridos.

Esta representación formal se puede aplicar a diferentes contextos, en particular, en el área del turismo es así como en [39], permite modelar patrones basado en el aprendizaje adaptativo de recomendaciones de un grupo hacia un turista en particular, que busca las recomendaciones adecuadas para viajar.

3.3.7. Selección del modelo formal para representación de información espacio temporal

En esta sección se presenta el modelo formal que puede ser utilizado para la representación de información espacio temporal para trazabilidad turística, en el marco del sistema piloto de trazabilidad turística.

En la tabla 3.2, presenta las características generales de los diferentes modelos formales propuestos.

De esta manera para el sistema piloto de trazabilidad turística tiene como fin capturar la huella del turista y sus transiciones para determinar patrones de movilidad futuros, para ello se plantea modelar el movimiento del turista mediante los modelos de markov (ver tabla 3.2) haciendo uso de las cadenas de markov en donde se representaría a los estados como los lugares turísticos y los movimientos de los diferentes turista como las transiciones presentes en los estados para luego llegar mediante un proceso matemático a los diferentes patrones de movilidad que se podrían dar en un futuro.

Modelo Formal	Característica
Series de Tiempo	Modelar datos históricos con el fin de dar a explicar, describir, predecir o controlar algún proceso. Se debe considerar un número elevado de datos, en la mayoría de los casos de análisis la variable tiempo toma valores de años. En el caso de encontrar patrones de movilidad para el turismo en la ciudad de Popayán no se tiene una base de datos histórica estable de turistas para así realizar el respectivo modelamiento por series de tiempo.
Grafos	Permite representar objetos y conceptos, donde los nodos o vértices corresponden a los objetos y conceptos mientras los arcos o aristas definen las relaciones que existen entre ellos. Para el caso de obtener patrones en el turismo para el sistema trazabilidad turística este modelo en su representación básica carecen de una función de transición que permita cambios eventuales.
Redes de Petri	Es una representación formal y gráfica para modelar sistemas concurrentes
Modelos de Markov	Describe el comportamiento de un sistema que varía en el tiempo, prediciendo los movimientos del sistema entre diferentes posibles estados. En el caso del turismo permite modelar el movimiento del turista mediante la representación matricial por medio de cadenas de markov
Modelos Ocultos de Markov	Es un proceso de markov en donde los estados no son visibles directamente. Permite modelar el comportamiento de turista por medio de cadenas de markov
Colonia de Hormigas	Modelo inspirado en el comportamiento de las hormigas con la habilidad de optimizar el camino hasta llegar a la fuente de su alimento y regresar al nido, utilizando información por medio de feromonas. Es así como se puede considerar este modelo en el turismo como un conjunto de n lugares (turísticos) que deben ser visitados por los m hormigas (turistas) del sistema, en donde las feromonas representaría la estructura de datos de visitas y recomendaciones.

Tabla 3.2: Cuadro comparativo modelos formales

3.4. Conclusiones

1. Para el diseño de un modelo se requiere de la identificación total de cada uno de sus componentes. Los aspectos antes mencionados y mediante la división en de módulos y submódulos integrantes se logró obtener una abstracción correcta y una óptima implementación del sistema de interés.
2. Las diferentes alternativas para llevar a cabo la representación, permitió establecer un marco de referencia que a su vez permitió valorar cada uno de los aspectos relacionados con el modelo, apegado siempre al cumplimiento de los objetivos inicialmente trazados para cada módulo conformante.
3. Se logró identificar la importancia que posee el procesamiento de la información, este constituye parte fundamental de la posterior representación de la información capturada, el tratamiento de la información , el análisis a ser aplicado y la forma para dar paso a la construcción del modelo son piezas indispensables en la búsqueda del cumplimiento del objetivo general de este trabajo de grado.
4. Tener un panorama que sirva como base de trabajo, permitió poder establecer actividades a realizar , teniendo en cuenta los requerimientos básicos y complementarios del modelo, esto hace posible una adecuada determinación o estimación del tiempo en el que puede ser implementado el modelo a proponer.
5. Este capítulo fue concebido de forma genérica, buscando poder elaborar un modelo de captura y representación de la información bajo un entorno espacio temporal muy independiente de la actividad o área de aplicación, es decir un modelo aplicable a diversas áreas o actividades.

Capítulo 4

Caso de Estudio

El presente capítulo se indica el caso de estudio en el cual se desarrolla este trabajo de grado. En primera parte se tiene el contexto, que corresponde a la ciudad de Popayán en el departamento del Cauca, seguidamente la descripción formal del sistema piloto de trazabilidad turística, como de los procesos que se llevaron a cabo para su desarrollo.

4.1. Contexto global

4.1.1. Referente histórico

De la ciudad de Popayán resalta la siguiente información:

Temperatura media: 21 °C

Fecha de fundación: 13 de enero de 1537

Fundador: Adelantado Español Don Sebastián Moyano de Belalcázar.

Ubicación: el Valle de Pubenza.

El nombre de Popayán se debe al Cacique Payán, jefe de la tribu indígena que habitaba alrededor del monte hoy conocido como cerro de la Eme o de las Tres Cruces. Popayán viene de la palabra Pampayán, que se compone de dos vocablos quechuas: pampa, cuyo significado es, valle, sitio, paso; y yan, cuyo significado es río. Paso del río, ya que por allí pasa el río Cauca. Otra versión menciona que la palabra Popayán, se deriva de un dialecto autóctono americano como el Guambía que significa dos caseríos de paja. Los primeros años de la ciudad se caracterizan como los de las otras ciudades de la región por el constante asedio de los aborígenes que intentaban recuperar su territorio, hasta que a finales del siglo XVII los españoles los relegaron completamente. Atacada por diferentes sismos; hoy la ciudad es reconocida por las festividades y procesiones que recorren sus calles en época de Semana Santa, es uno de los principales centros turísticos del país. Con el pasar de los años, se ha convertido en

una de las ciudades más tradicionales de Colombia. Entre los lugares de interés se encuentran: la Capilla de Belén, desde donde se puede observar la ciudad, la Ermita, los templos de San Francisco, El Carmen, la Encarnación, San José, Santo Domingo, y la iglesia de San Agustín. Así mismo, pueden visitarse la Casa Caldas, el Museo Martínez, la Casa Valencia y la Casa Mosquera. La ciudad cuenta hoy en día con una mejor infraestructura para atender la demanda turística en sus mejores épocas.

También como lugar turístico tenemos el Parque Nacional Natural de Puracé, que ocupa una superficie de 83.000 hectáreas en donde abundan lagunas, cascadas, volcanes, nevados y fuentes termales. A 70 kilómetros al oriente se encuentra el Volcán Puracé.

4.2. Sistema de trazabilidad turística para el departamento del Cauca a modo de prueba piloto

El “Sistema de Trazabilidad Turística para el departamento del Cauca a modo de prueba piloto” es un proyecto que busca diseñar e implementar un sistema de trazabilidad turística que permita la captura de la información del turista y su representación basado en su actividad en un entorno delimitado.

Este proyecto nace como una iniciativa en la Mesa Departamental de Turismo del departamento del Cauca a mediados del año 2010, donde la Gobernación del Cauca y la Universidad del Cauca deciden ponerla en marcha, este último como la parte ejecutora del proyecto y la Gobernación del Cauca como coordinadora del mismo, en solución a la falta de datos e información turística que se tiene en la región. [40].

La operación y gestión del proyecto en mención la asume los delegados de cada una de las entidades, de la siguiente manera [40]:

Por la Gobernación del Cauca.

- Coordinador departamental de turismo.
- Profesional Universitaria, contratista Mesa departamental de Turismo.
- Pasante proyecto sistema trazabilidad turística.

Por la Universidad del Cauca.

- Equipo Técnico Delegado.
(Director del proyecto, coinvestigadores, ingenieros desarrolladores del sistema de trazabilidad, representante de la empresa desarrolladora del software para el sistema de registro de información).

Los actores del sistema se definen como se sigue:

- **Turista:** Persona nacional o extranjera que visita la ciudad.
- **Puntos de atención o actividad turística (PAT):** Corresponden a los actores de la oferta al turista (hoteles, museos, restaurantes), de la logística de transporte (terminal, aerolíneas, DAS, peajes) de información y seguridad (Punto de información turística de la CCC, Policía de Turismo). En total, para realizar el piloto, se requiere la participación de siete PAT [10].

4.3. Procesos del proyecto piloto de trazabilidad turística

En esta sección se indica los procesos que se llevaron a cabo en el desarrollo del piloto para la captura de información del turista durante su visita en la ciudad de Popayán.

4.3.1. Levantamiento base de datos

El primer paso dentro de las actividades realizadas para la ejecución del proyecto, es el levantamiento de la base de datos de los distintos prestadores de servicios turísticos y entidades de apoyo al sector, como lo son hoteles, restaurantes, agencias de viajes, museos, ecodestinos, tiendas de artesanías y demás instituciones de apoyo al sector turístico.

Para tener una información inicial para la base de datos se trabajó conjuntamente con los integrantes de la oficina la Policía de Turismo del Cauca en la Gobernación del Cauca, quienes brindaron una serie de datos de algunos de los sitios descritos anteriormente, y con los cuales se sentó el referente para la construcción de la base de datos ampliada.

Esta base de datos incluye información de empresas y establecimientos del sector turístico, nombre de su representante o funcionario encargado, dirección, teléfono y correo electrónico de cada uno; estos datos se encuentran organizados y almacenados en formato digital.

4.3.2. Convocatoria a los distintos prestadores de servicios turísticos y entidades

Con el fin de dar a conocer el proyecto ante los distintos actores turísticos y vincular a varios de estos en la iniciativa, como primer paso para la ejecución de la prueba piloto, se convocó a los distintos prestadores de servicios turísticos y entidades de apoyo al sector, a la socialización del proyecto “Sistema de Trazabilidad Turística para el departamento del Cauca a modo de prueba piloto”. Invitación que realizó la Mesa departamental de Turismo en cabeza de la Gobernación del Cauca, a través de la circular No. 1 (véase Anexo A), y que se hizo llegar a cada uno de los comercios (hoteles, restaurantes, agencias de viajes, museos y demás

instituciones) a través de correspondencia directa, y correos electrónicos.

Para esta convocatoria se realizó un seguimiento constante a través de llamadas telefónicas a cada una de los invitados, con el fin de dar mayor información acerca de los aspectos a tratar en el evento y de la importancia que este proyecto trae para cada uno de los establecimientos.

Esta convocatoria también se promovió valiéndose de los distintos medios de comunicación regionales, trabajo realizado con la oficina de prensa de la Gobernación quien se encargó de transmitir la información del evento a todos los medios para su divulgación. Dicha convocatoria se lleva a cabo el día 24 de marzo de 2011, en las instalaciones del auditorio empresarial de la Cámara de Comercio del Cauca

4.3.3. Socialización del proyecto

En el desarrollo de la socialización del proyecto se expusieron aspectos como:

1. Presentación del proyecto, a cargo del Sr. Gustavo Adolfo Ramírez González, Director del Proyecto por parte de la Universidad del Cauca.
2. Presentación de la iniciativa “Tarjeta Turística” y detalles de la participación de los comercios y beneficios.
3. Discusión de las inquietudes de los participantes.
4. Inscripción de los participantes interesados en hacer parte del proyecto “Sistema de Trazabilidad turística para el departamento del Cauca a modo de Prueba Piloto”.

Esta convocatoria contó con la participación de 45 representantes de los distintos prestadores de servicios turísticos y demás entidades afines. El desarrollo de esta fase estuvo a cargo de la Coordinación departamental de turismo, de donde se organizó y planificó cada una de las actividades preliminares a la puesta en marcha de la prueba piloto.

4.3.4. Capacitación del personal de apoyo logístico para la prueba piloto y los comercios participantes

La capacitación del personal de apoyo y de los comercios participantes se realizó con el fin de dar a conocer de forma más clara y precisa el diseño web a manejar para el registro de los datos del turista, así como el material complementario para el desarrollo de las actividades propias de la entrega de la tarjeta turística, durante la semana santa fecha en la que se aplica la prueba piloto inicial, dándole ejecución a el sistema de trazabilidad turística.

Se capacitó a 47 establecimientos asociados que ofrecieron múltiples beneficios para los turistas que adquirieron de forma gratuita la “Tarjeta Turista piloto” (ver Figura 4.1) y de los

40 estudiantes del programa de turismo de la Universidad del Cauca en la atención al turista y entrega de la información sobre la Tarjeta turista, los beneficios de esta y la forma de hacer los registros de la información obtenida en la aplicación web del sistema.



Figura 4.1: Tarjeta turista piloto. Diseño Pablo Giraldo Bustamante.

4.3.5. Ejecución de la prueba piloto del proyecto

A través de una planificación y organización de los recursos disponibles para el desarrollo de las actividades que permitieran la ejecución del sistema de trazabilidad turística en su fase inicial, se pone en marcha la prueba piloto del proyecto Sistema de trazabilidad turística el día 18 de abril de 2011. Con la participación de 47 comercios o establecimientos asociados (véase Anexo B, quienes atendieron a la convocatoria que realizó la Mesa departamental de Turismo en cabeza de la Gobernación del Cauca, a través de la circular No. 1 (véase Anexo A), la colaboración de los integrantes de la Mesa departamental de turismo entre los cuales están la Policía de turismo del Cauca, la Cámara de Comercio del Cauca, y como grupo de apoyo se contó con la colaboración de 40 estudiantes del programa de turismo de la Universidad del Cauca que desarrollaron labores logísticas y de promoción para la entrega de la tarjeta turista piloto. La prueba piloto se desarrolló del 19 al 24 de abril de 2011 [40].

En el Anexo D se muestran las imágenes de soporte de los recursos, material, establecimientos y procesos para la ejecución del proyecto trazabilidad turística.

4.3.6. Datos de los resultados del proyecto piloto de trazabilidad turística

Con el desarrollo del proyecto de trazabilidad se logran los siguientes resultados de la entrega de la tarjeta turista mostrados en la tabla 4.1, consiguiendo también las primeras estadísticas (véase Anexo E) de la semana santa 2011 contando de esta manera con información básica y real para toma de decisiones y proyecciones futuras del turismo regional.

Se hizo entrega de 1247 Tarjetas Turista distribuidas en personas individual, familia y grupo como indica la tabla 4.1, también se aprecia un estimativo multiplicativo para familias, ya que en estas se entregó una tarjeta por familia [41].

Tabla 4.1: Turistas Registrados

Individual:	347 (27.7 %) x1	347
Familia:	756 (60.6 %) x 2.25	1701
Grupo:	127 (11.1 %) x 1	127
	Total	2175

4.4. Sistema captura de información para el proyecto piloto de trazabilidad turística

Para realizar la captura de información se desarrolla un sistema basado en una aplicación web a cargo de la empresa asociada Seratic, que permite capturar información a modo de encuesta, fundamentándose en el modelo del negocio del proyecto de trazabilidad (ver Figura 4.2) y de los actores (véase Anexo C) del sistema como se sigue:

PAT Normal: Corresponde a los usuarios de un PAT (Punto de Atención al Turista) que pueden realizar acciones limitadas en el sistema, por lo general registran la visita de los turistas a su sitio y pueden ver reportes de estadísticas relacionados con las visitas en su sitio. Los PATs definidos para el proyecto se clasifican en:

- Restaurantes, Cafeterías y Sitios de Comidas
- Museos, Teatros y Exposiciones
- Artesanías
- Terminal de Transporte y Aeropuerto (este PAT no registra visitas ni puede ver reportes de estadísticas de su interés pero está en la capacidad de entregar los formularios de registro de turista)

PAT con Privilegios: Corresponde a los usuarios de un PAT que pueden realizar acciones especializadas en el sistema, como es el registro de turistas, la activación de la tarjeta de turista, la reasignación de tarjeta de turista a un turista, visualización de reportes especializados, entrega de formularios de registro de turista para su ingreso posterior al sistema y registro de las visitas de los PAT que no cuentan con acceso web al sistema de Trazabilidad Turística. Los PATs con privilegios definidos para el proyecto son:

- Cámara de Comercio del Cauca

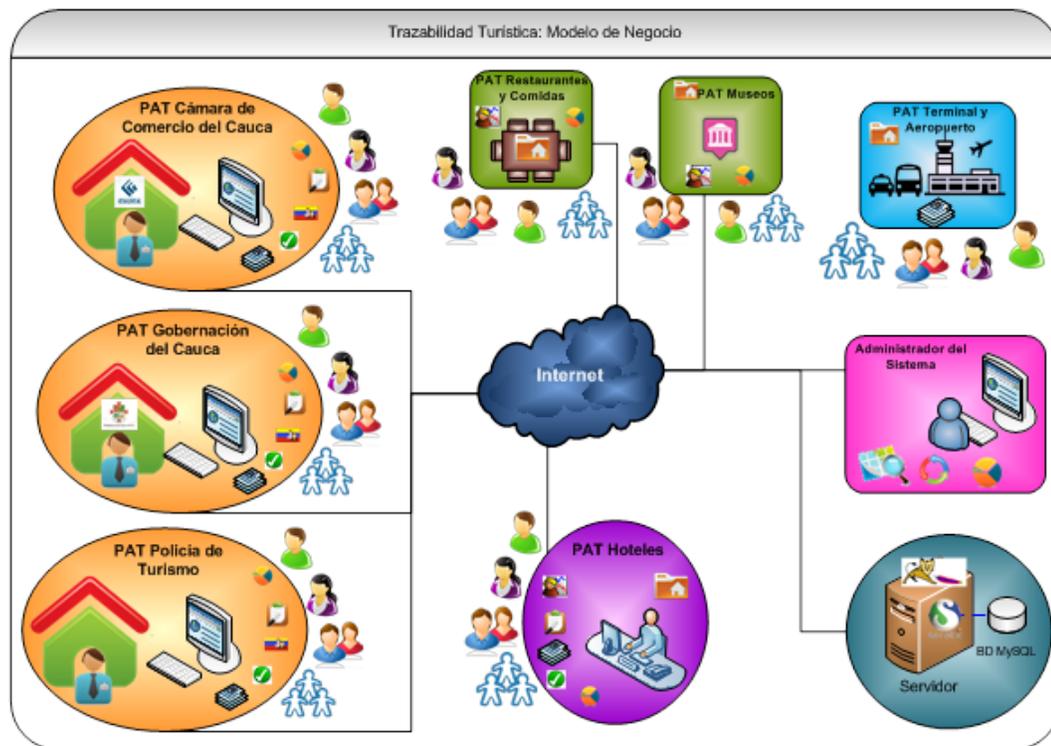


Figura 4.2: Modelo de negocio proyecto trazabilidad turística.

- Gobernación del Cauca
- Policía de Turismo

Así la captura se realiza como tal cuando el turista se acerca al PAT y solicita la tarjeta (la tarjeta esta enumerada de forma consecutiva y sin repetir que sirve como identificación al turista, para el proyecto de trazabilidad turística) a cambio de información pedida en una encuesta, esto para la toma de decisiones en el ámbito turístico, de esta manera se procede al registro de la información del turista sobre la plataforma web, teniendo aquí ya referente de la huella que ha dejado el turista. En el caso en que el turista ya tiene su tarjeta la presentara a cambio de un beneficio en los establecimientos (véase anexo B), así el número presente en la tarjeta sera registrado en el sistema y almacenado en la base de datos. Como no todos los establecimientos tienen los requerimientos mínimos (computador e internet) para la utilización de la aplicación web, la captura se realizo en formularios a papel y de importancia incluir la fecha y hora en que se realizo la captura de información.

Se presenta así en la Figura 4.3 el diagrama de casos de uso, que permiten tener un mejor entendimiento del funcionamiento del sistema. También En la figura 5.17 se presenta el diagrama

de clases de la aplicación Servidor. Las clases más importantes son las clases Facade, ya que éstas manejan la lógica de negocio del Servidor. Éstas a su vez se apoyan en las clases de tipo VO, quienes se encargan de manejar la información ya sea para visualizar en la web o almacenar en base de datos [42].

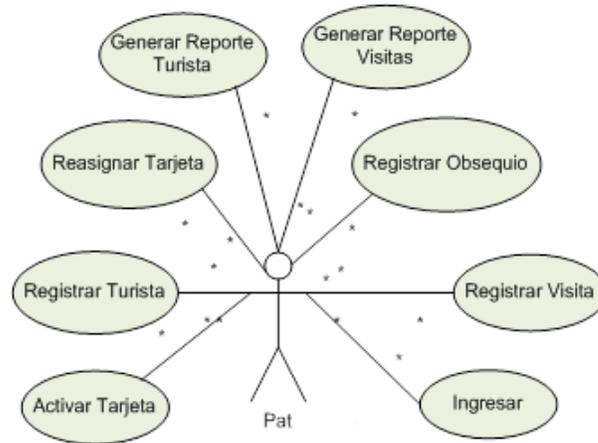


Figura 4.3: Diagrama de caso de usos captura de información.

4.5. Conclusiones

1. En este capítulo, se presenta el contexto en el cual se lleva a cabo el desarrollo de este trabajo de grado.
2. Como alternativa para la captura de información se adoptan encuestas que son registradas sobre una aplicación web. Debido a las condiciones técnicas de los diferentes PAT, parte de los registros se realizaron sobre encuestas y formatos en papel.
3. Los resultados del proceso que se indica en este capítulo, son base para la representación de información, ya que nos permite identificar: el modelo entidad relación de los sistemas no solo para captura si no también para representación, los diferentes establecimientos y comercios asociados que representan para el prototipo de este trabajo los lugares turísticos o estados y el modelo de negocio para identificar como actúa cada actor que hace parte del sistema piloto de trazabilidad turística.

Capítulo 5

Prototipo

En la búsqueda de dar cumplimiento al logro del objetivo de diseñar un modelo de captura y representación de la información bajo un entorno espacio temporal y para trazabilidad tomando como piloto la ciudad de Popayán y con la característica primordial que la información o la actividad de interés es la actividad turística y la huella dejada por parte de los turistas o de los visitantes que llegan a la ciudad de Popayán, el presente capítulo muestra de manera general como se implementó y se adaptó el modelo presentado en el capítulo tres a la actividad turística presentada en la época de semana santa en la ciudad de Popayán.

El capítulo se ha dividido de la siguiente manera:

- En primer lugar y dando cumplimiento a lo expuesto en la fase cero del capítulo anterior (Estudio preliminar), e igualmente la fase Uno (Contextualización), se encuentra el contexto global donde se propone llevar acabo el presente trabajo de grado, este contexto muestra de forma muy general características básicas de la ciudad de Popayán y el proyecto sistema piloto de trazabilidad turística.
- La sección de este capítulo da paso a las fase 1 respectivamente señaladas en el capítulo anterior; permite conocer el análisis de los procesos para trazabilidad turística.
- En la primera sección muestra el análisis del proceso presentando los escenarios o entornos propuestos para captura de información espacio temporal para trazabilidad.
- La segunda sección, presenta los escenarios o entornos propuestos para captura de información espacio temporal para trazabilidad.
- La tercera sección, presenta los escenarios o entornos propuestos para representación de información espacio temporal para trazabilidad.

- La sexta sección, muestra los aspectos relacionados con la Implementación, es decir escenario escogido y sus aspectos relacionados, de igual forma muestra los resultados obtenidos como parte de dicha implementación.

5.1. Análisis del proceso

De manera general se determina el proceso de trazabilidad turística con la interacción de los actores Turista y PAT, y finaliza con el análisis de la información para generar la traza respectiva de la actividad individual o en conjunto del turista. De esta manera trazabilidad turística comprende los procesos de captura de información espacio temporal del turística y proceso de visualización o representación de su actividad (trazabilidad)

■ Proceso de captura de información turística

Este proceso fundamentalmente consiste en capturar la huella del turista en movimiento y previamente se guardara el registro sobre una base digital. Comprendiendo en esta primera fase los módulos de movimiento espacio tiempo y registro del movimiento del modelo de captura (ver capítulo 3).

Para capturar la información se plantean diferentes entornos presentes en la sección 5.2, que representan alternativas de implementación para la captura y registro de la huella del turista, haciendo uso de diferentes tecnologías.

■ Proceso de visualización o representación de trazabilidad

En continuación al proceso de captura de información espacio temporal, el proceso de visualización representa la información ya digital en trazas. Por lo tanto se establece un procesamiento de la información y se determina la visualización como el entorno donde se plasmara la trazabilidad generada por el turista. Comprendiendo en esta segunda fase el modelo de representación de información espacio temporal (ver capítulo 3).

Para este proceso de visualización se presenta un entorno (ver sección 5.3), que tiene como alternativa la utilización de mapas georeferenciados.

5.2. Entornos de captura de información

Partiendo del modelo de Captura de Información espacio temporal se plantea diferentes entornos que hacen uso de tecnologías como Código de Barras, Códigos QR, RFID y NFC.

Estos se presentan como alternativas para llevar a contribuir al desarrollo del Proyecto Piloto de Trazabilidad Turística.

Previo a los entornos expuestos, se define **Tarjeta de Turista (TT)**: Corresponde a la tarjeta o mecanismo usado para identificar al turista en cada uno de los PAT y operar los planes de marketing que se implementen [10].

5.2.1. Entorno serial en tarjeta turista

El modelo de captura tiene como fuente de alimentación la información obtenida de los usuarios esta información es tomada mediante el diligenciamiento de registros en una primera instancia y luego partir de la recepción de la tarjeta turista la cual permitirá de una manera mucho más fiable conocer la información de los sitios o lugares que el turista visita y finalizar el análisis de la información para poder establecer rutas y establecer la trazabilidad de la visita de cada uno de los turistas.

De manera esquemática dicho entorno se presenta en la Figura 5.1, partiendo de la captura del movimiento del turista que constituye en información que seguidamente será almacenada en una base de datos para hacer posible la consulta y el análisis respectivo, los sitios de visita o de interés turístico son determinados de acuerdo a la importancia y el aporte que dichos sitios hacen al sector turístico tanto a nivel departamental como a nivel nacional.

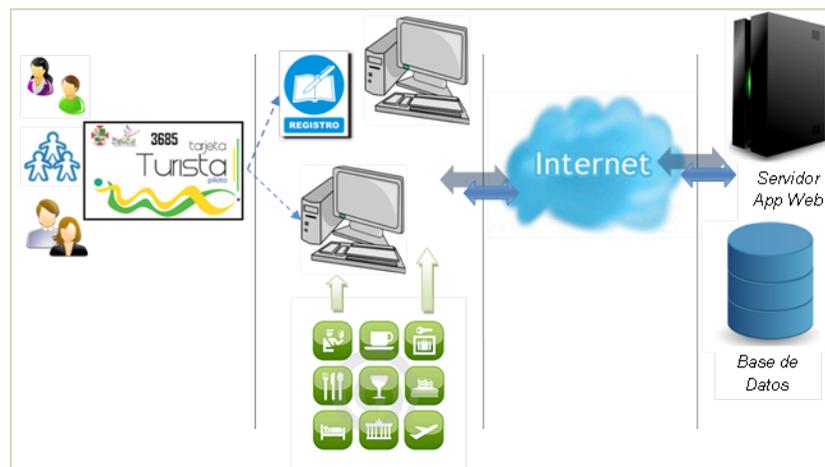


Figura 5.1: Entorno Serial en Tarjeta Turista.

Este modelo posibilita el cubrir los diferentes lugares turísticos obteniendo una cantidad adecuada de registros de turistas visitantes en primera instancia en la ciudad de Popayán (Modelo o ciudad Piloto); como se aprecia en la Figura 5.1 este modelo provee al turista de

una Tarjeta Turista Piloto esta tarjeta tiene como características básicas: Número único de identificación, dichos números de identificación corresponden a un consecutivo asignado de acuerdo al turista registrado

5.2.2. Entorno de captura de información con código de barras.

Este entorno representado en la Figura 5.2, plantea como alternativa para el mejoramiento de la captura de información el uso de Código de Barras en las tarjetas turísticas e instalar un lector conectado a un computador con conexión a internet. Con este se evita así errores en el registro de la visita del turista.

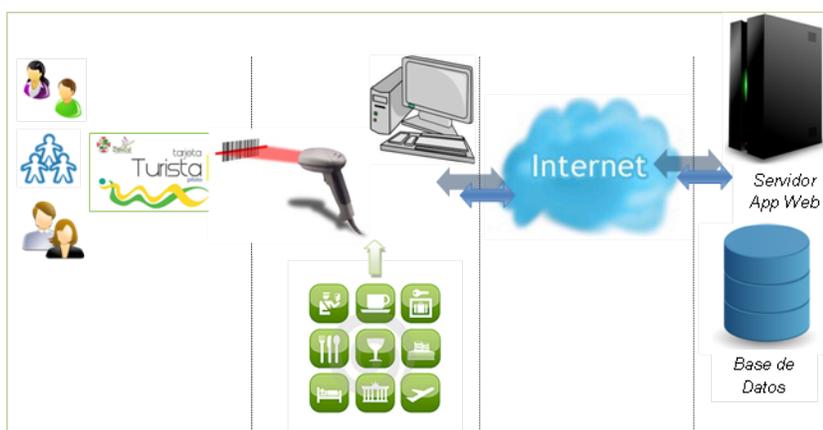


Figura 5.2: Entorno de captura de información con código de barras.

5.2.3. Entorno de captura de información con código de barras y dispositivos móviles.

Este entorno representado en la Figura 5.2, plantea la utilización de código de barras y de dispositivos móviles obteniendo mejora en el registro de la captura de la visita del turista y disminución en el número de equipos a utilizar por PAT. Se integrara en los equipos móviles una aplicación para leer la información en el código de barras y conectarse por medio de internet para registrar los datos en la Base de Datos. Reduciendo así los costos en cuanto a equipos hardware, aumenta la portabilidad al poderse mover entorno al lugar turístico.

5.2.4. Entorno de captura de información con tecnología RFID

Este entorno integra tecnología RFID y lectores de captura del mismo que se encontrarían conectados a computadores con acceso a internet. Al utilizar esta tecnología en comparación al



Figura 5.3: Entorno de captura de información con código de barras y dispositivos móviles.

entorno que utiliza código de barras, esta aumenta costos debido a la opción de infraestructura que este modelo demanda, pero optimiza la captura de información. Ver Figura 5.4.



Figura 5.4: Entorno de captura de información con tecnología RFID.

5.2.5. Entorno de captura de información con tecnología RFID y dispositivos móviles

Este entorno, Figura 5.5, está compuesto por un dispositivo móvil el cual dispone de una aplicación que a su vez posibilita la lectura de la tarjeta y al mismo tiempo se conecta a internet para enviar los datos. Este modelo resulta viable económicamente en razón a que la inversión solo se hace en un equipo (dispositivo móvil) es decir se gana en integración, de igual forma se gana en un aspecto muy relevante que es la movilidad que este mismo proporciona. El pre-

sente entorno (Figura 5.5) incrementa el costo en lo que se refiere al desarrollo software de la aplicación.



Figura 5.5: Entorno de captura de información con tecnología RFID y dispositivos móviles.

5.2.6. Entorno de captura de información con tecnología NFC

Este entorno integra tecnología NFC y lectores o dispositivos con aplicaciones NFC capaces de capturar y enviar datos. Al utilizar esta tecnología mediante el citado modelo se aumentan costos derivados de la implantación e implementación de la misma.

5.2.6.1. Tarjetas NFC

Este entorno, Figura 5.6 integra tecnología NFC y lectores NFC de captura de la misma que se encontrarían comunicados a computadores con acceso a internet.

5.2.6.2. Tarjetas NFC y captura por dispositivos móviles NFC

Este entorno está compuesto por un dispositivo móvil el cual dispone de una aplicación NFC dicha aplicación permite la captura de datos y al mismo tiempo se contiene acceso a internet, medio por el cual los datos llegan a alojarse en la base de datos respectiva, ver Figura 5.7. Este modelo permite movilidad y se reduce la inversión económica debido a que el dispositivo de captura se reduce a uno solo, este mismo modelo se incrementa en el costo de desarrollo de la aplicación NFC, necesaria para el proceso de captura y envío de datos a través de la red.

5.2.6.3. Equipos móviles con tecnología NFC y etiquetas NFC.

Este entorno no solo se tendrá en cuenta la captura de información espacio temporal sino que se convierte en un entorno de aprendizaje para el turista, interactuando de esta manera el



Figura 5.6: Entorno de captura de información con tarjetas NFC.

turista con la información del lugar, Figura 5.8. Permitiendo promoción contextual en el sitio de manera específica.

5.2.7. Análisis tecnológico

Con la finalidad de adoptar un escenario en particular para llevar a cabo la implementación se presenta a continuación la siguiente información basada en los escenarios o entornos planteados en la sección inmediatamente anterior.

5.2.7.1. Tecnologías o técnicas para captura

En este aparte se presentan las diferentes tecnologías o técnicas a utilizar para la optimización en el proceso de captura de información del turista. Entre las cuales tenemos las tecnologías o técnicas presentes en las tarjetas del turista y en la captura de la información de las tarjetas.

Evidenciamos las diferentes tecnologías para captura de información que en gran medida depende de las tecnologías o técnicas que representan la tarjeta turista para el seguimiento y estimación del mismo en el departamento del Cauca. Entre los cuales tenemos:

- Código de Barras.
- RFID.
- NFC.
- Dispositivos móviles con Tecnología NFC.



Figura 5.7: Entorno de captura de información con tarjetas NFC y captura por dispositivos móviles NFC.

En la tabla 5.1, se presenta un cuadro comparativo de tecnologías o técnicas en la captura de información y en la tabla 5.2, un cuadro comparativo de la aplicabilidad de las tecnologías anteriormente mencionadas en los entornos de captura.

5.3. Alternativas para representación de trazabilidad

La Representación de Trazabilidad se encuentra enmarcada en la capacidad de visualizar el historial por medio de trazas a partir de la huella a manera digital de un producto, entidad o conjunto de ellos en el tiempo y espacio geográfico. Para el proyecto en curso la huella digital es la registrada por turistas y de la que se parte como información obtenida en el proceso de la sección 5.2.

Para llevar a cabo este proceso se plantea un entorno esquematizado que hace uso de las TIC, representado en la Figura 5.9 por la capa de servidores de aplicaciones Web y Bases de Datos, capa de Internet y capa del cliente quien visualiza la trazabilidad.

5.3.1. Requerimientos en visualización

Los requerimientos en visualización estarán determinados por las características presentes en las herramientas o tecnologías que permitan realizar visualización de información espacio-temporal bajo el concepto de Trazabilidad Turística. Historial de la Huella digital del turista representada en trazas secuenciales en el tiempo y plasmada espacialmente sobre mapas geográficos.

TECNOLOGÍA	CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES
RFID	<ul style="list-style-type: none"> ■ Legible sin visibilidad directa. ■ Permite leer múltiples etiquetas. ■ simultáneamente de forma automática. ■ Tiene un código único, fijado en fábrica o escrito a distancia. ■ Identifican cada producto de forma individual. ■ Pueden contener mayor información sobre el producto. ■ Resistentes a la humedad y temperatura.
NFC	<ul style="list-style-type: none"> ■ La tecnología NFC resulta especialmente útil aplicada a los dispositivos móviles (teléfonos, PDAs), de modo que el usuario lleva en su terminal móvil además de una etiqueta RFID con sus datos (o la información necesaria para cada aplicación), un lector para poder leer información de otras etiquetas. De este modo se complementa la comunicación a corta, media y larga distancia provista por los dispositivos móviles (Bluetooth, WiFi, GPRS, UMTS) con la comunicación a muy corto alcance (centímetros) provista por NFC.
CÓDIGO DE BARRAS	<ul style="list-style-type: none"> ■ La lectura requiere línea de visión directa. ■ Requiere lecturas secuenciales, casi siempre con intervención humana. ■ El código suele ser el mismo en todas las etiquetas. ■ Los códigos secuenciales suelen ser numéricos. ■ Identifican cada tipo de producto. En ocasiones, identifican cajas o envases individualmente. ■ Sólo pueden contener un código, y en algunos casos un precio o cantidad. ■ Se degradan en ambientes húmedos o en altas temperaturas.
DISPOSITIVOS MÓVILES NFC	<ul style="list-style-type: none"> ■ Estos dispositivos NFC operan bajo una tecnología inalámbrica de corto alcance que permite una interconexión entre dispositivos electrónicos de una manera intuitiva, sencilla y simple. NFC opera en la frecuencia de 13.56 MHz, banda que no necesita de ninguna licencia administrativa para transmitir, y que permite la operación a una distancia inferior a 10 centímetros con velocidades de transmisión de 106 Kbit/s, 212 Kbit/s y 424 Kbit/s.

Tabla 5.1: Cuadro comparativo de tecnologías y técnicas para captura de información espacio temporal

ENTORNO	Ventajas (Pro)	Desventajas (Contra)
Entorno de Captura de Información serial tarjeta turista	Se aumenta las fuentes de empleo al requerir de una Mayor mano de obra para su ejecución	Mayor número de talento humano asociado al modelo - mayor probabilidad de error al realizar los registros
Entorno de Captura de Información con Código de Barras	Evita errores en el registro de la visita del turista	Se incrementa la cobertura de internet y equipos como computadores y lectores RFID
Entorno de Captura de Información con Código de Barras y Dispositivos Móviles	Reduce los costos en cuanto a equipos hardware. Aumenta la portabilidad	Aumento en costo en cuanto al desarrollo de la aplicación
Entorno de Captura de Información con Tecnología RFID	Optimiza la captura de información	Aumenta costos debido a la opción de infraestructura que este modelo demanda
Entorno de Captura de Información con Tecnología RFID y Dispositivos Móviles	En cuanto a inversión solo se hace en un equipo (dispositivo móvil) por PAT, es decir se gana en integración	Incrementa el costo en lo que se refiere al desarrollo software de la aplicación
Entorno de captura de información con Tecnología NFC: Tarjetas NFC	Fiabilidad en la transmisión de datos	Aumento de los costos derivados de la implantación e implementación de la misma
Tarjetas NFC y Captura por Dispositivos Móviles NFC	En cuanto a inversión solo se hace en un equipo por PAT, este modelo facilita portabilidad y movilidad	Este mismo modelo se incrementa en el costo de desarrollo de la aplicación NFC, necesaria para el proceso de captura y envío de datos a través de la red
Equipos móviles (en el turista) con tecnología NFC y etiquetas NFC	Se convierte en un entorno de aprendizaje para el turista, interactuando de esta manera el turista con la información del lugar, permitiendo promoción contextual en el sitio de manera específica	No todos los turistas están en la capacidad de contar con el dispositivo móvil con tecnología NFC.(A corto plazo en razón a que se encuentran en implementación los chips NFC para dispositivos móviles)

Tabla 5.2: Cuadro comparativo aplicabilidad de las tecnologías en los entornos de captura de información

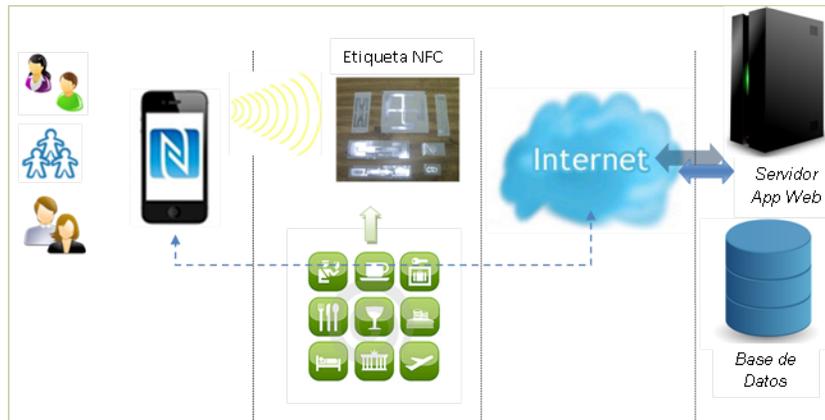


Figura 5.8: Entorno de captura de información con equipos móviles con tecnología NFC y etiquetas NFC.

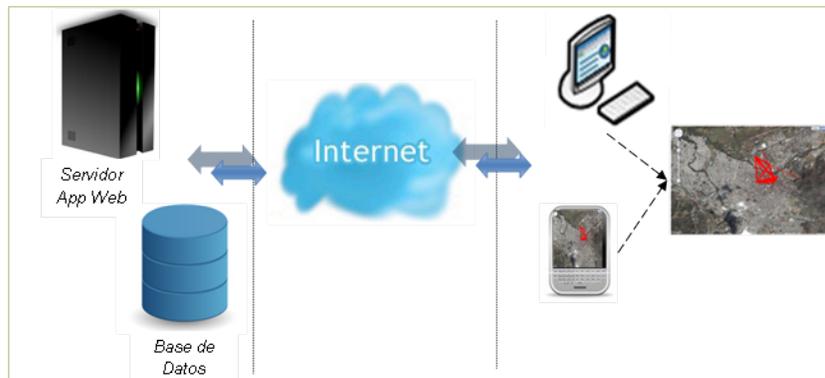


Figura 5.9: Entorno de representación de información espacio temporal.

Requerimientos por Concepto

- Representación de la Información histórica de la huella del turista por medio de trazas.
- Las trazas formadas serán secuenciales en el tiempo en que cada registro se ha ejecutado.
- La trazabilidad se modela sobre un mapa geográfico en el que se denote el espacio turístico.

Para visualización se presentan las siguientes alternativas:

- Servidor de aplicaciones de mapas libre OpenStreetMaps [43].
- Servidor de aplicaciones de mapas gratuito Google Maps [44].

- Servidor de aplicaciones de mapas yahooo maps [45].
- Servidor de aplicaciones de mapas bing maps [46].

Requerimientos tecnológicos

- Coordenada geográfica (latitud y longitud) que represente los puntos espaciales del lugar turístico.
- Propiedad en el uso de la API proporcionada por cada una de las herramientas tecnológicas.

5.3.2. Tecnologías para representación

En cuanto a visualización se presentan las siguientes opciones de servidores de mapas que permiten una interfaz para interactuar y poder realizar las operaciones respectivas para generar la traza respectiva de la actividad turística:

Google Maps

Google maps es un servidor de mapas en la web que ofrece imágenes vía satélite de todo el planeta, y que posibilita la programación abierta a través de su API dando lugar a múltiples aplicaciones y diversas utilidades. Los mapas de la API se basan en tecnología Javascript, que sin duda permite facilidad en aplicaciones, puesto que no se necesita instalar software alguno y es compatible con prácticamente todos los navegador, Firefox, Mozilla, Opera, Internet Explorer, etc. Ver Figura 5.10

Algunas características de google maps son:

- Google maps descansa sobre la utilización de JavaScript.
- Utiliza ajax [47], facilitando la carga de los recursos JavaScript del API.
- Puede agregar texto HTML o XML en una pequeña ventana de información.
- Los mapas puedes ser generados en cualquier página.
- El API de GoogleMaps presenta dos licencias que son: Maps API y Maps API for Business. La primera es un servicio gratuito que permite incrustar Google Maps sobre las paginas web de acceso libre y la segunda ofrece características mejoradas y apoyo a las organizaciones, en este caso las paginas web pueden no ser de acceso libre.
- Puede ser utilizada para propósitos comerciales, pero debe estar disponible para los usuarios finales libre de pago.

Yahoo Maps

Yahoo maps es un servidor de mapas que facilita por medio de su API la integración de ricos e interactivos mapas sobre las aplicaciones web o de escritorio. Ver Figura 5.11

Algunas de las características de yahoo maps son:

- Se puede agregar contenido geográfico sobre los mapas.
- Ofrece flash y ajax. Permitiendo mejora en la experiencia de usuario y proporcionan las funciones de JavaScript para realizar cartografía.
- Puede agregar texto HTML en una pequeña ventana de información y permite el uso de IFRAMES.

Open Street Maps

OpenStreetMaps (OSM) es un servidor de mapas libremente editable de todo el mundo, esta apoyado por la OpenSteetMap Foundation que se dedica a fomentar el crecimiento, desarrollo y distribución gratuita de datos geoespaciales. Ver Figura 5.12

Características de openstreetmaps:

- Licencia libre para el uso de los datos, permitiendo su comercialización.
- Sistema de etiquetado abierto, sin un esquema fijo.
- Cualquier dato de tipo geográfico puede ser subido a la base de datos de OSM.
- OSM no garantiza la consistencia topológica de los elementos pero existen herramientas para validar la topología

Bing Maps

Bing Maps es un servidor de mapas creado por Microsoft que permite diseñar, aplicar, generar y visualizar datos geoespaciales. Ver Figura 5.13

Algunas de sus características son:

- Integra la función Map Apps, que es básicamente un layers incrustado de datos que muestra información específica basada en la ubicación que se esta viendo en el mapa.

- Las imágenes aéreas en los mapas de Bing visualizan un ángulo de 45 grados
- Se pueden guardar puntos de interés y compartirlos

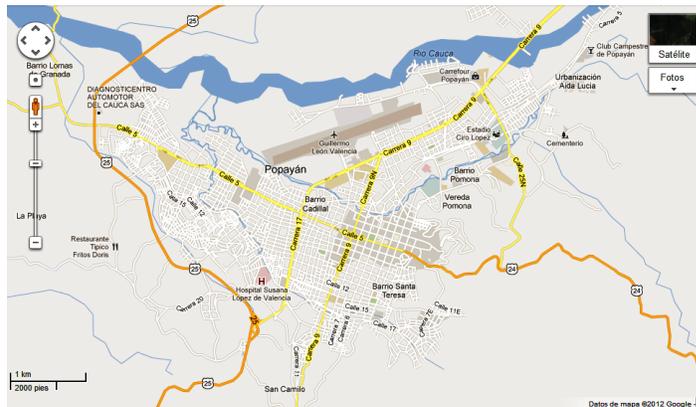


Figura 5.10: Visualización del mapa de Popayán desde Google Maps

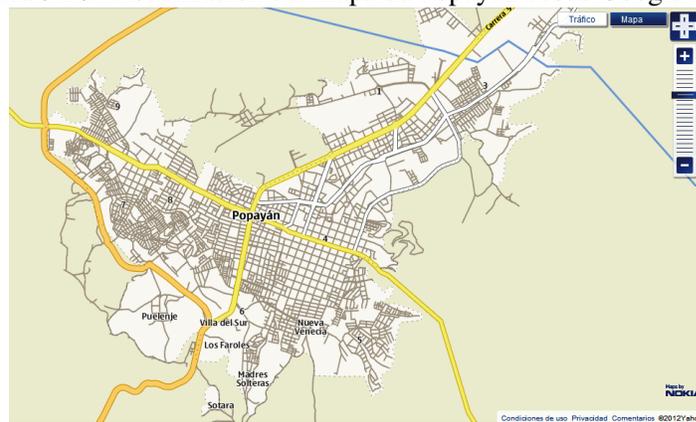


Figura 5.11: Visualización del mapa de Popayán desde Yahoo Maps

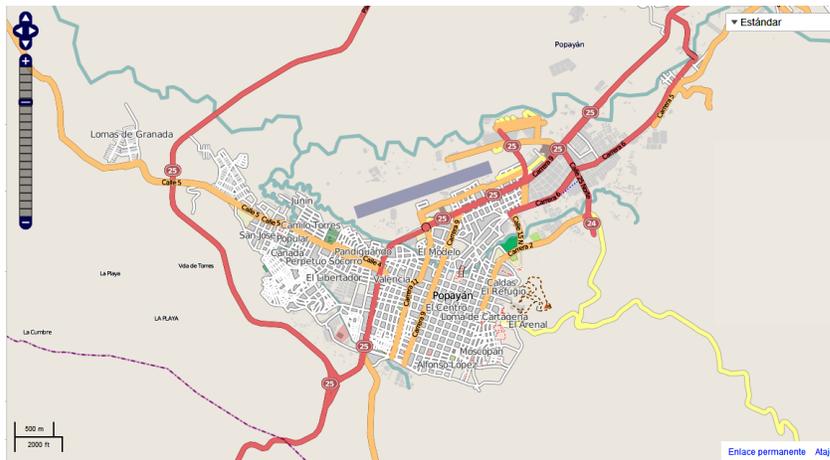


Figura 5.12: Visualización del mapa de Popayán desde OpenStreetMaps

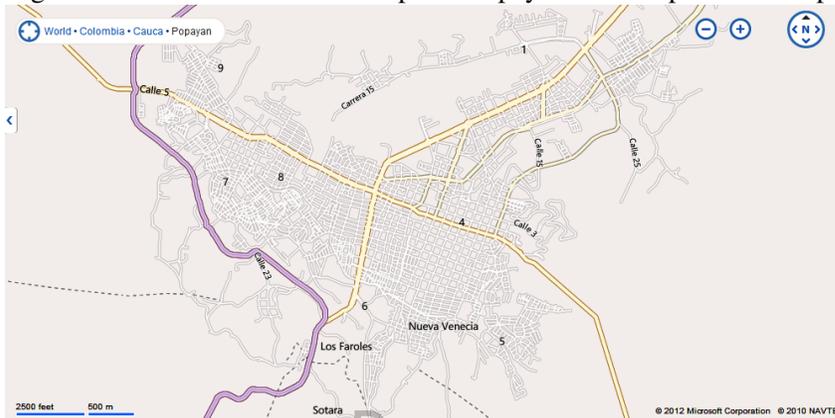


Figura 5.13: Visualización del mapa de Popayán desde Bing Maps

5.4. Implementación

En esta fase del proyecto posterior a la contextualización y a las propuestas para la captura y representación de información espacio temporal para llevar a cabo “Sistema de Trazabilidad Turística para el departamento del Cauca a modo de prueba piloto”, se presenta la implementación del proyecto de trazabilidad adaptado al modelo expuesto en el capítulo 3.

5.4.1. Representación de información espacio temporal para el sistema de piloto trazabilidad turística

Si bien este trabajo de grado tiene como objetivo el diseño de un modelo de captura y visualización de la información turística, la parte que corresponde a visualización de los resultados a manera de trazas constituye el complemento a la parte de captura, en la visualización se pasa a mostrar la secuencia de los movimientos realizados por el turista o visitante a partir de la información capturada en cada uno de los puntos de atención visitados por el mismo, este movimiento permitió hacer levantamiento de la respectiva traza a manera de huella digital, ya que el movimiento de su actividad turística puede ser fácilmente asociado con una huella que para este caso se denominó Huella digital.

Cumpliendo con el modelo de representación de información propuesto en el capítulo 3 se desarrolla una aplicación web que permita hacer el análisis previo de la información de las diferentes huellas de los turistas registrados para ser representada (visualización) sobre mapas. En la sección 5.3 se presentan diferentes alternativas para la representación de información geográfica.

Para representación de la información se tienen como referencia los servidores de mapas Google Maps, OpenStreetMaps, Yahoo Maps y Bing Maps ya que estos permiten la interacción por medio de un API para el desarrollo de aplicaciones sobre los servicios que estos ofrecen, en especial el poder representar trazas lo cual es primordial para llevar a cabo la representación de la trazabilidad turística. Teniendo en cuenta que el sistema es para un usuario final que visualizara las trazas y que los 4 servidores de mapas cumplen con la parte funcional que se requiere para trazabilidad, se opta de esta manera por el servidor que nos da mayor calidad de vista de satélite, imágenes, fotografías y la información en cuanto a nivel de zoom se puede realizar sobre la zona de Popayán, ya que estos datos pueden variar para los diferentes servidores en distintas zonas. Así el servidor de mapas que nos permite tener calidad en imágenes, fotografías, nivel de zoom y vista de satélite para la región de Popayán es **Google Maps**

5.4.1.1. Desarrollo del sistema para el modulo de representación

Para este aparte del proyecto se seguirá el referente metodológico MCS [3], que propone una estructura compuesta para describir el sistema solución. La estructura para la descripción del sistema esta conformado por el Modelo para Establecimiento de Responsabilidades (M.E.R),

el Modelo para Descripción del Sistema (M.D.S) y el Modelo de Implementación del Sistema (M.I.S). Se describe los modelos mediante los cuales se representa el sistema con sus diferentes niveles de abstracción, enriquecida por la orientación a objetos como principio subyacente fundamental para la obtención de soluciones reusables. El proceso de desarrollo del sistema dentro del este contexto sigue los lineamientos de la técnica de desarrollo iterativo e incremental, buscando construir un prototipo del sistema que de satisfacción preliminar a las necesidades esenciales del proyecto de trazabilidad turística.

5.4.1.2. Modelo para el establecimiento de responsabilidades

Como propósito en este modelo se definen los requerimientos esenciales, recursos físicos y técnicos para la descripción del sistema. Este modelo esta conformado por los siguientes componentes esenciales:

- Modelo del Ambiente del Sistema
- Modelo de Casos de Uso
- Arquitectura de Referencia para el Sistema/Solución

5.4.1.3. Modelo del ambiente del sistema

Este modelo define el entorno asociado al sistema, describiendo los aspectos esenciales del contexto donde se implantara el sistema para representación de trazabilidad turística.

El “Proyecto Piloto de Trazabilidad Turística” esta comprendido por dos sistemas, el primero es una aplicación web que sirve de interfaz para la captura de información espacio temporal a modo de encuestas en un ambiente turístico, la información sera guardada en una base de datos y el segundo un sistema que se conecte a la base de datos y permita representar estos datos gráficamente por medio de trazas. Este ultimo sistema es el que abarca este trabajo de grado para su desarrollo.

Como objetivo principal del sistema de trazabilidad turística es describir gráficamente por medio de trazas el movimiento del turista, es decir, el turista en su visita deja una huella que ha sido capturada de manera digital (huella digital) en uno o diferentes puntos o estados (llamados así a los diferentes lugares turísticos) de la ciudad de Popayán el sistema realizara la unión de estas huellas representándose sobre un mapa geográfico y en secuencia de tiempo en el cual fue capturada la huella. Representando de esta manera la actividad generada en cuanto a movimiento por el turista.

De esta manera es de importancia para el proyecto piloto de trazabilidad turística el tener la representación de esta actividad para la toma de decisiones en diferentes áreas de interés, ya que esta técnica de trazabilidad permite tener una aproximación del recorrido hecho por el turista y

los diferentes lugares visitados.

5.4.1.4. Modelo de casos de uso

Este modelo constituye la abstracción de la funcionalidad del sistema, describiendo roles e identificando el conjunto de funcionalidades que se asocian a los actores que interactúan con el sistema.

En la Figura 5.14, se presenta el diagrama de casos de uso para los actores que actúan con el sistema.

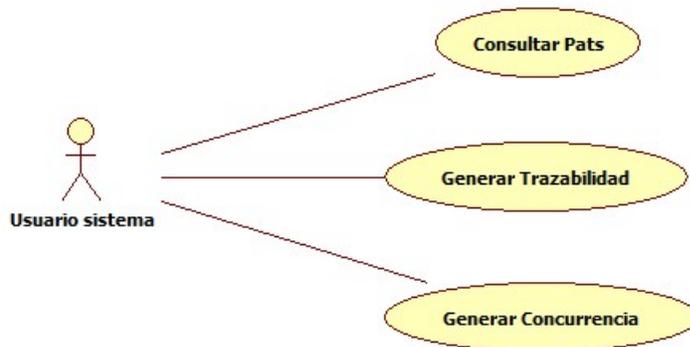


Figura 5.14: Modelo casos de uso del sistema

A continuación se realizara la respectiva definición formal de cada uno de los casos de uso del sistema.

Caso de uso consultar PAT. Tabla 5.3

Nombre caso de uso	Consultar PAT
Propósito	Consultar los PAT asociados al proyecto
Resumen	El usuario del sistema podrá consultar sobre un mapa los diferentes PAT asociados al proyecto y aquellos PAT con la funcionalidad de entregar la tarjeta turista piloto
Actores	Entidades gubernamentales, academia, establecimientos y comercio turístico, turistas y demás
Pos condiciones de éxito	Visualizar sobre el mapa los PAT

Tabla 5.3: Caso de uso consultar PAT

Caso de uso consultar trazabilidad. Tabla 5.4

Caso de uso consultar concurrencia. Tabla 5.5

Nombre caso de uso	Generar trazabilidad
Propósito	consultar la trazabilidad del registro turístico previamente realizado
Resumen	El usuario del sistema podrá consultar sobre un mapa la trazabilidad que se genera tanto de forma total, por nacionalidad (extranjera o Colombiana) o individual del registro de las huellas turísticas, este ultimo caso el usuario podrá visualizar por número de tarjeta turista
Actores	Entidades gubernamentales, academia, establecimientos y comercio turístico, turistas y demás
Pos condiciones de éxito	Visualizar sobre el mapa la trazabilidad que el ha seleccionado (por nacionalidad: extranjera o Colombiana y por turista individual)

Tabla 5.4: Caso de uso consultar trazabilidad

Nombre caso de uso	Consultar concurrencia
Propósito	consultar los lugares turísticos asociados al proyecto donde se realizo la mayor afluencia de personas
Resumen	El usuario del sistema podrá consultar sobre un mapa la concurrencia que se genera tanto de forma total, por nacionalidad (extranjera o Colombiana) o individual del registro de las huellas turísticas, este ultimo caso el usuario podrá visualizar por número de tarjeta turista
Actores	Entidades gubernamentales, academia, establecimientos y comercio turístico, turistas y demás
Pos condiciones de éxito	El usuario ingresa al sistema y puede visualizar sobre el mapa la concurrencia que el ha seleccionado (por nacionalidad: extranjera o Colombiana, y por turista individual)

Tabla 5.5: Caso de uso consultar concurrencia

5.4.1.5. Arquitectura de referencia

En este aparte se determina la organización del sistema a implementarse, asegurando que pueda evolucionar mediante sucesivos incrementos de funcionalidad. Por tal razón el sistema será desarrollado bajo el patrón del Modelo Vista Controlador como base de la arquitectura del sistema. A continuación se explica el proceso de la arquitectura en mención.

La tecnología a utilizar para el desarrollo de la aplicación es aplicaciones en desarrollo java utilizando Java Servlet Y JavaServer Pages(JSP), que son tecnologías para desarrollo de contenido web dinámico utilizando la arquitectura Modelo-Vista-Controlador (MVC), que permiten separar la parte de presentación de la del contenido. La arquitectura se indica en la Figura 5.15, donde integra el uso de servlets y paginas JSP, de este modo los servlets son los responsables de las solicitudes y la creación de los DAO (siglas en ingles: Data Access Object) necesarios para las paginas JSP, actuando como controladores encargados para tareas de procesamiento y las paginas JSP se utilizan para la capa de presentación (vista). El controlador es el encargado de decidir la pagina JSP donde se transmitirá la solicitud, así los servlets crean objetos que son recuperados por las paginas JSP y extraen el contenido dinámico para la inserción dentro de una plantilla. DAO es un patrón usado para encapsulación y abstracción del acceso a la base de datos, encargándose de administrar la conexión con la fuente de base de datos en este proyecto mysql, para obtener y guardar datos implementando la lógica para el mecanismo de acceso.

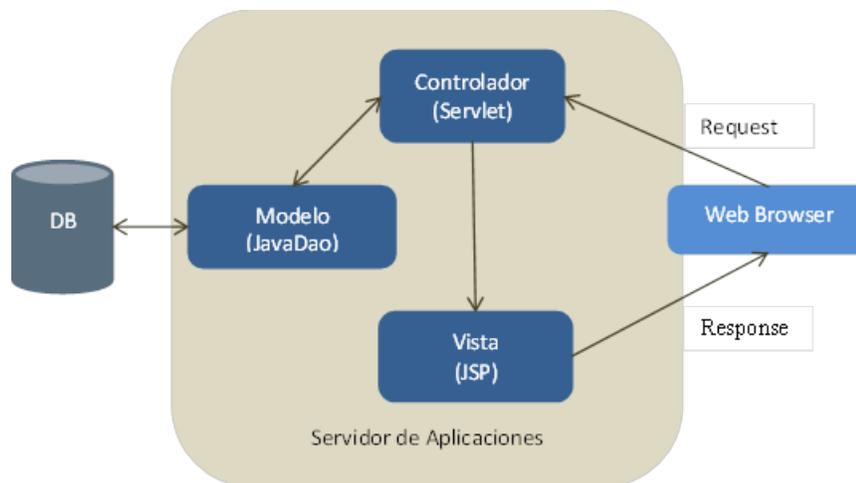


Figura 5.15: Arquitectura Modelo Vista Controlador. Adaptada

5.4.1.6. Modelo para descripción del sistema

Este modelo está compuesto por el componente esencial:

- Modelo del Diseño del Sistema

5.4.1.7. Modelo del diseño del sistema

En este componente esencial se describe en mas detalle las interfaces, clases y relaciones presentes en el sistema. Se presenta el modelo entidad relación de la base de datos y el diagrama de clases.

- **Modelo entidad relación.**

El modelo entidad relación para el desarrollo de este proyecto se construyo en conjunto con la organización ejecutora del proyecto “Sistema piloto de trazabilidad turística”, el modelo se presenta en la Figura 5.16, en donde se indica enmarcada la parte de interés para desarrollar el sistema de trazabilidad omitiendo parte del modelado completo. El modelo incluye las entidades para cumplir con los objetivos de asignación de tarjeta y registro de la huella digital del turista. Es de aclarar que el modelado incluye una entidad de coordenadas geográficas (latitud y longitud) esto debido a la tecnología a trabajar en el modelo de representación de información a trabajar, pero, no indica que este proyecto este enfocado a un sistema de información geográfica.

- **Diagrama de clases**

El diagrama de clases se presenta en la Figura 5.17, donde se indica la parte del modelado y control del sistema. Las relaciones son directas debido a que el sistema en esta parte del proyecto es de consultas sobre la información ya registrada. La parte de control que interactúa con la vista (.jsp) del sistema es la clase ServletGmaps, la clase ConnectionDB sirve de interfaz del modelado con la base de datos.

5.4.1.8. Modelo de implementación del sistema

Este modelo esta compuesto por el componente esencial:

- Prototipo Operacional de la Solución.

5.4.1.9. Prototipo Operacional de la Solución

En este aparte se tiene la versión funcional del sistema implementado, que cubre la capacidad proyectada y se encarga de proveer los respectivos servicios a los usuarios del sistema piloto del trazabilidad turística.

Para el funcionamiento del sistema ya con los parámetros establecidos en cuanto arquitectura y el servidor de mapas se dio inicio la elaboración del código necesario para la construcción de la aplicación pertinente, la cual sea capaz de mostrar sobre el mapa de la ciudad de Popayán y mediante el ingreso de los datos necesarios la respectiva traza es decir la unión de los puntos

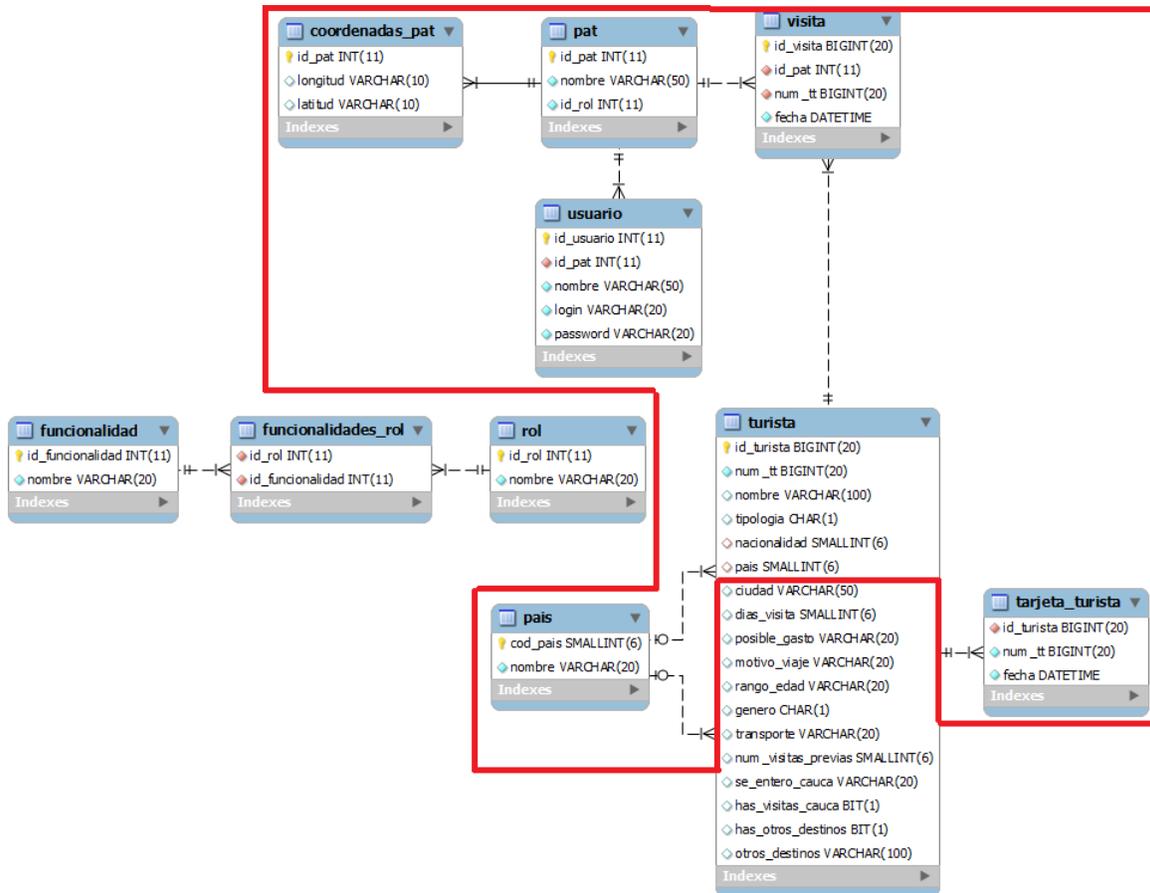


Figura 5.16: Modelo entidad relación. Desarrollado en conjunto con el grupo ejecutor del proyecto piloto de trazabilidad turística

visitados por un turista en particular o el colectivo, también se integra la funcionalidad de poder realizar visualización por concurrencia de turistas sobre los PAT. La concurrencia se denomina a la afluencia de turistas y se representa por medio de un círculo formado en el mapa, donde a mayor radio mayor concurrencia y viceversa.

El modelo final del sistema se representa en la Figura 5.18, en el se aprecia las diferentes interacciones de peticiones y respuestas entre el usuario, el servidor de la aplicación y el servidor de google maps.

Como resultado de la implementación de este sistema de trazabilidad que es alimentada con los datos de sistema de captura se tiene por medio de trazas la actividad generada de los turistas sobre la ciudad de Popayán.

La Figura 5.19 representa los PAT con privilegios que interactúan en el sistema de captura de información, para el caso mostrado se resalta el PAT Cámara de Comercio del Cauca, la aplicación de igual manera permite el despliegue de la información concerniente a los otros PAT. La Figura 5.20 es la representación por markers de los PAT asociados al proyecto de trazabilidad turística.

La representación de trazabilidad turística en la ciudad de Popayán se presenta en la Figura 5.21, en la cual se aprecia la actividad generada donde la parte de mas movilidad es el centro de la ciudad, en la gráfica se aprecia que a un color de mayor intensidad indica mayor movilidad entre los PAT de donde empieza la traza al PAT que le sigue. De la misma manera podemos apreciar en la Figura 5.22, la concurrencia de los PAT donde se realizaron mayor número de visitas y el color en el circulo varía dependiendo si los radios (radio indica la concurrencia) se traslapan.

Con base en la información captada y su posterior análisis la aplicación facilita la diferenciación entre visitantes o turistas tanto extranjeros (ver Figura 5.23) como nacionales (ver Figura 5.24) y de esa forma lograr generar la traza respectiva. Sumado a lo anterior se puede obtener la tendencia o la concurrencia (sitios de mayor interés) generada por el seguimiento a la actividad turística tanto para turistas extranjeros (ver Figura 5.25) como nacionales (ver Figura 5.26).

En las Figuras 5.27, 5.28 representan las trazas por turista, indicando la capacidad del sistema para representar trazas individuales, colectivas o dependiendo el parámetro que se pida.

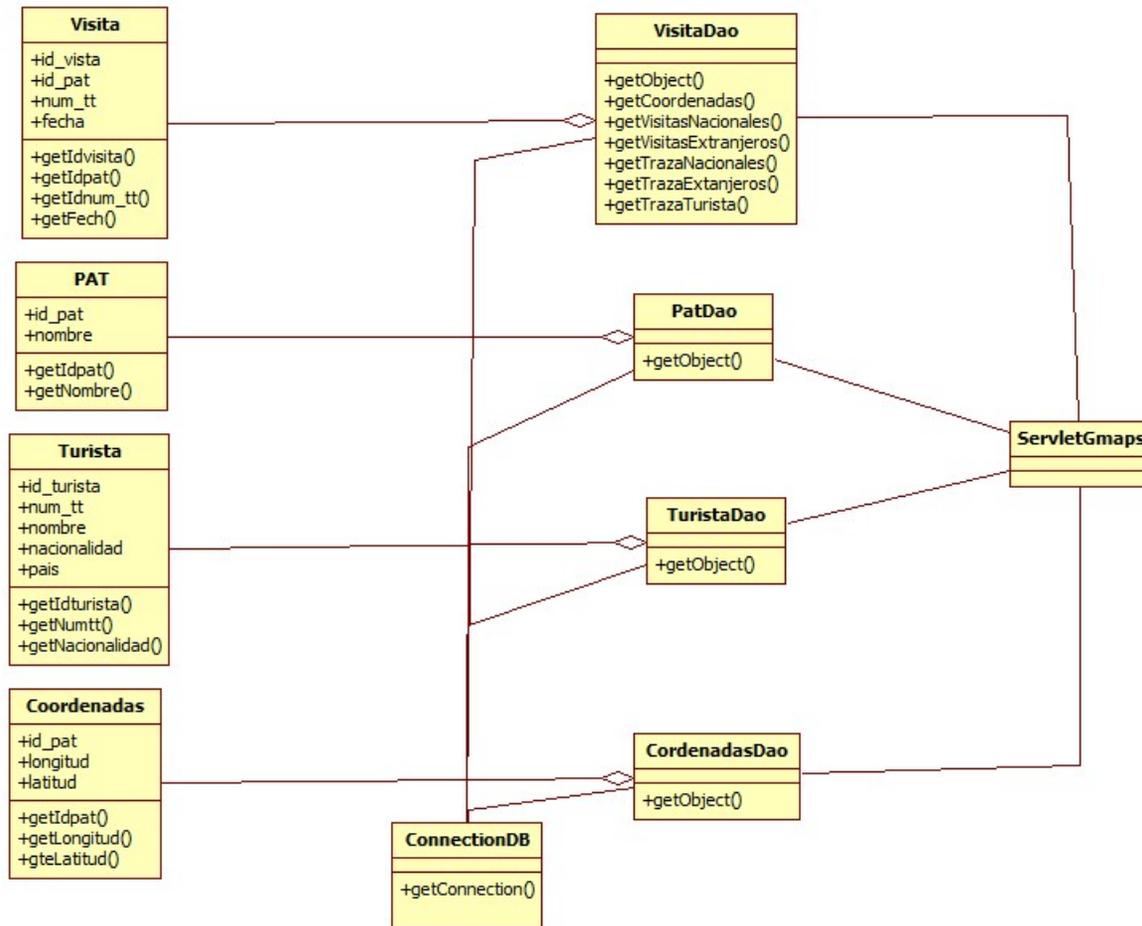


Figura 5.17: Diagrama de clases

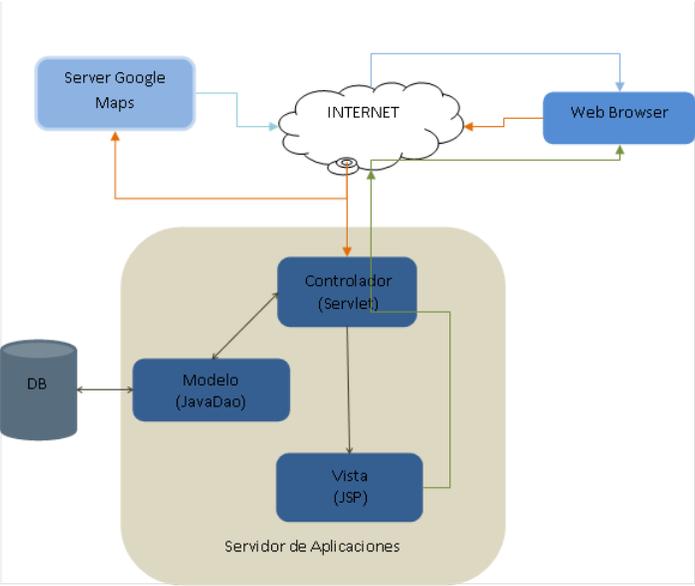


Figura 5.18: Arquitectura del sistema de representación de información



Figura 5.19: Visualización de PATs con privilegios

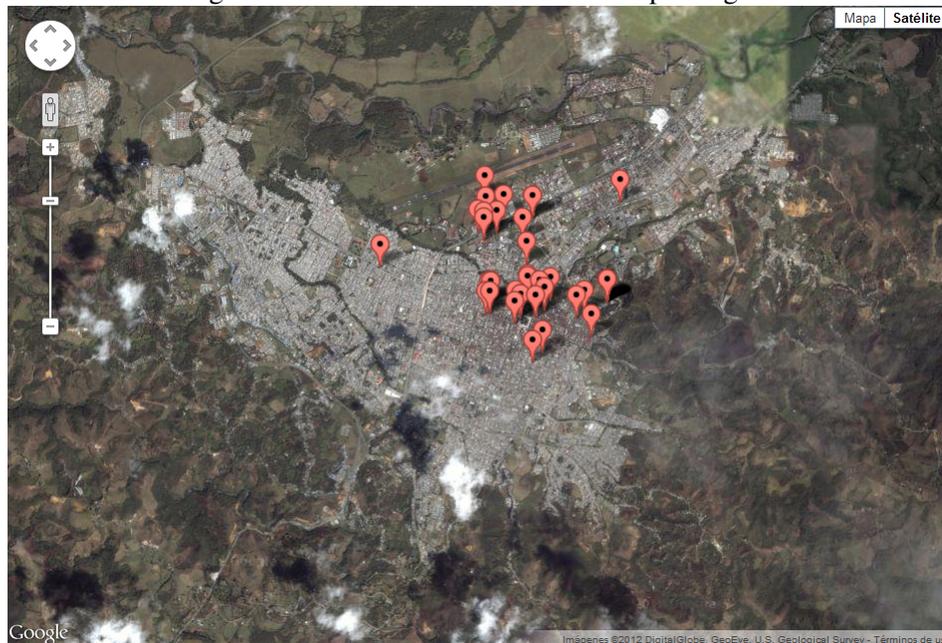


Figura 5.20: Visualización de los PATs asociados al proyecto de trazabilidad turística

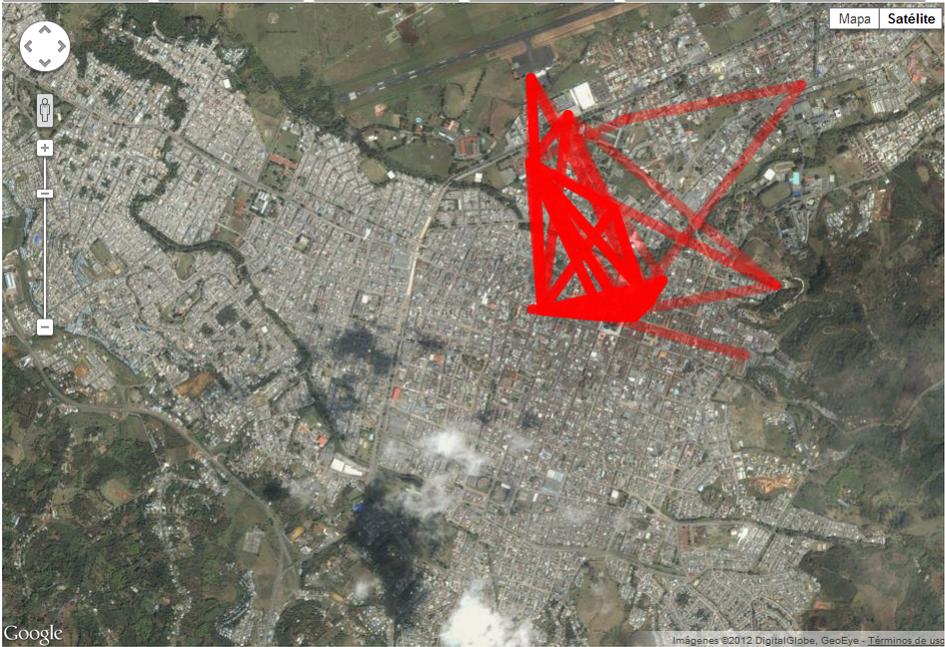


Figura 5.21: Trazabilidad turística



Figura 5.22: Concurrencia turística

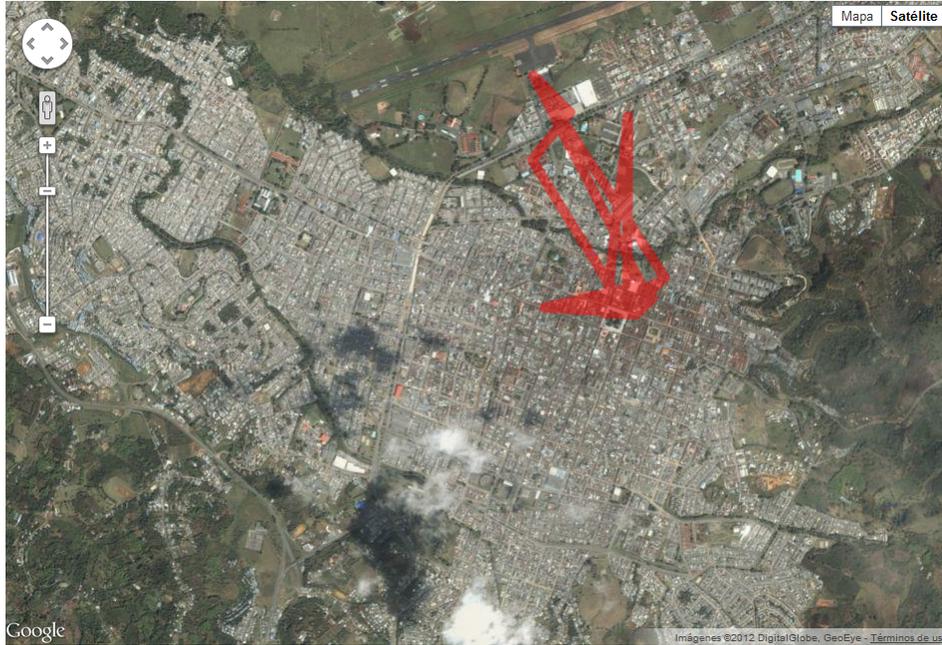


Figura 5.23: Trazabilidad de turistas extranjeros



Figura 5.24: Trazabilidad de turistas nacionales



Figura 5.25: lugares de concurrencia extranjeros



Figura 5.26: lugares de concurrencia nacionales

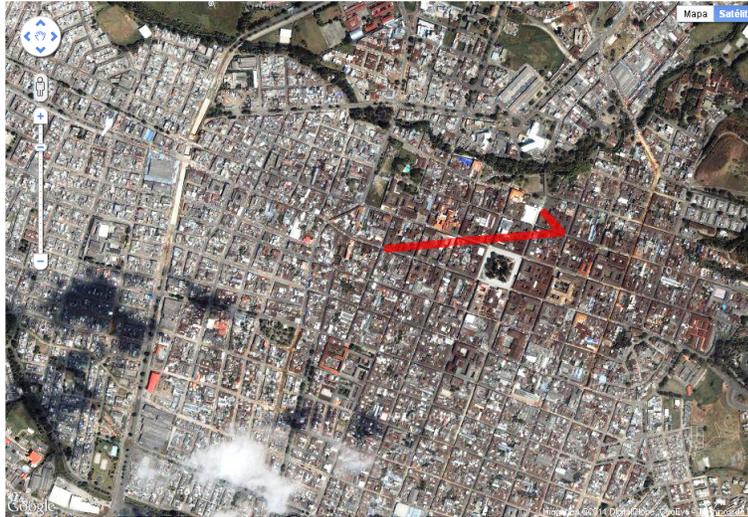


Figura 5.27: Trazabilidad por turista, ejemplo 1



Figura 5.28: Trazabilidad por turista, ejemplo 2

5.5. Conclusiones

1. El proyecto piloto de trazabilidad turística del Cauca puede ser implementado con el modelo de captura de información espacio temporal, determinándose de esta manera el proyecto como dos sistemas (sistema de captura y de representación de información espacio temporal) en el proceso para realizar y llevar a cabo trazabilidad.
2. El modelo de captura de información puede adaptarse a diferentes entornos en el que varía la tecnología o la técnica, que para su implementación dependen de las condiciones ya sean tecnológicas o logísticas.
3. Como alternativa para la captura de información se adoptan encuestas que son registradas sobre una aplicación web, debido a las condiciones técnicas de los diferentes PAT, parte de los registros se realizaron sobre encuestas y formatos en papel. Por limitaciones técnicas el proyecto de trazabilidad se limita para este piloto en la implementación del entorno presente en la Figura 5.1.
4. En este capítulo se presentan propuestas de modelos tanto para representación como para visualización que permiten para trabajos futuros en el ámbito no solo de trazabilidad si no en otro que se requiera para trazabilidad.
5. El sistema de trazabilidad expuesto permite ver la representación de la trazabilidad sobre un servidor de mapas (google maps), para evidenciar la actividad turística evidenciada en la ciudad de Popayán.
6. Para representar información sobre mapas se analizaron alternativas como Google Maps, Yahoo Maps, Bing Maps y OpenStreetMaps quienes presentan la posibilidad de realizar trazas sobre sus mapas y realizar interacción por medio del API que estos servidores ofrecen, pero debido a calidad en la imágenes, zoom y la información que se presenta en los mapas del espacio delimitado por la ciudad de Popayán, Google Maps nos ofrece mejor calidad.
7. Los resultados de la captura de información también pueden ser evidenciados sobre el sistema de trazabilidad en la concurrencia del turista en la ciudad de Popayán, de esta forma se integra la función que en un principio no estaba contemplada en el proyecto.
8. Como resultados obtenidos el sistema es permite hacer la visualización por parámetros ya sean turistas extranjeros o nacionales y si es el caso de un turista en particular que ha tenido como visitas mínima dos PAT.

Capítulo 6

Evaluación y Análisis de Resultados

En el presente capítulo, se presenta un análisis de los resultados de los datos obtenidos en la captura de información llevada a cabo en la experimentación del caso de estudio. Este análisis consiste en evaluar las diferentes huellas digitales de los turistas y sus transiciones para determinar su existencia y los diferentes patrones de movilidad de los turistas durante su visita en la ciudad Popayán en la temporada de Semana Santa.

Para el análisis, este capítulo indica, el uso del modelamiento de los movimientos del turista mediante Cadenas de Markov, para predecir su evolución y comportamiento en el futuro; además de realizar la validación del modelo mediante el método Chi Cuadrado de Pearson o Bondad de Ajuste. La base matemática se presenta en el Anexo G.

G

6.1. Cadenas de markov para modelar el movimiento espacio - temporal del turista

Los movimientos de turistas pueden ser modelados a nivel micro o a nivel macro [48]. A nivel micro los movimientos son representados por un proceso estocástico Continuo $(X_t)_{t \in T}$, donde $T = [0, \infty)$ y que toma valores en un espacio de estados S . Los estados S consiste en varios puntos espaciales georefenciados que representan las localizaciones de los movimientos de las personas, denominado así el espacio de estado continuo. Por otra parte, un destino turístico como una ciudad, se da el caso en que se presente un modelado del movimiento espacio - temporal de los lugares de interés del turista, el espacio de estado S puede ser considerado como el compendio de los diferentes sitios de interés, por lo tanto, S es discreto.

A nivel macro los movimientos del turista son representados por un proceso estocástico Discreto $(X_t)_{t \in T}$, donde $T = 1, 2, 3, \dots$ y que toma valores en un espacio de estados S . En este proyecto el proceso del movimiento se centra en el modelamiento a nivel macro y en un espacio de estado S discreto. De esta manera:

$$S = A_1, A_2, A_3 \dots A_k$$

De esta manera A_i donde $i = 2, 3, \dots, k$ representa las atracciones turísticas y A_1 representa el estado “OUT” que es la región exterior al espacio S .

El proceso estocástico, se modela representando el movimiento del turista en S por un cadena de markov estacionaria discreta donde cada movimiento ocurre después de un paso de salto. De esta forma, el movimiento del turista sobre una secuencia de tiempos $t = 1$ a $t = m$ se representa como:

$$M(m) = (A_{i1}, A_{i2}, A_{i3}, \dots, A_{im}) \quad (6.1)$$

Donde A_1 representa el estado final alcanzado “OUT”. Esto se debe a que por connotación de turista, el debe finalizar siempre su visita. Así el adicionar este estado es asumido como un estado de absorción ya que el proceso termina una vez que llegue a ese estado [48].

6.2. Validación del modelo

En este proyecto, se utiliza la técnica de Cadenas de Markov en el modelamiento del movimiento espacio temporal del turista y para el cálculo de diferentes patrones de movimiento. En este sentido, interesa conocer que tan bien estos movimientos generados por los turistas son modelados por CM.

Para validar el modelamiento se hará uso del método de validación de CM Chi Cuadrado de Pearson o Bondad de Ajuste. [49]

Chi Cuadrado, X^2 , se utiliza para comparar un conjunto de frecuencias observadas n_{ij} con un conjunto de frecuencias esperadas o teóricas E_{ij} , indicando la diferencia existentes entre ambas y la relación de dependencia o independencia entre las variables. Pearson planteo la utilización del estadístico X^2 para analizar la independencia, definido por:

$$X^2 = \sum_{i=1}^h \sum_{j=1}^k \frac{(n_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}} \quad (6.2)$$

Por tanto, se plantea en general la hipótesis nula a contrastar como la de independencia entre los factores y la hipótesis alternativa como la dependencia entre los factores. El valor de X^2 calculado se compara con el valor tabulado de una X^2 (ver Anexo F), este ultimo indica el valor de un nivel de confianza determinado y $(n - 1) * (k - 1)$ grados de libertad, donde n número de filas de la matriz y k número de columnas de la matriz. Si el valor calculado es mayor que el valor de la tabla de un $X^2_{(n-1)(k-1)}$, significará que las diferencias entre las frecuencias observadas y las frecuencias teóricas o esperadas son muy elevadas, por lo que se concluye que existe dependencia entre los factores o atributos analizados.

Resumiendo así:

$$X^2 > X^2_{(n-1)(k-1)} \quad (6.3)$$

$$X^2 < X^2_{(n-1)(k-1)} \quad (6.4)$$

De esta manera, si los resultados de la validación son en relación a la ecuación 6.3, indicará si se rechazara la hipótesis nula existiendo así la dependencia entre variables, en caso contrario, ecuación 6.4, se aceptará la hipótesis nula existiendo independencia entre las variables.

6.3. Implementación de cadenas de markov en modelamiento del movimiento espacio temporal de turistas

En esta etapa del proyecto, se utilizaran los datos obtenidos de los turistas al ejecutar el “Proyecto Piloto de Trazabilidad Turística” en la ciudad de Popayán en época de Semana Santa, para modelar el movimiento espacio temporal de los turistas sobre la base teórica de las Cadenas de Markov. El modelamiento se presenta en las probabilidades de los patrones del proceso de CM y seguidamente a ser evaluadas.

6.3.1. Diseño del modelo

Se denota un proceso estocástico como una variable aleatoria de estados que evoluciona en el tiempo $(X_t)_{t \in T}$ de forma parcial o totalmente aleatoria en un determinado espacio de probabilidad S e indexado por índice t que pertenece a un conjunto de parámetros T , se establece t como la variable de tiempo $T = 1, 2, 3, \dots$ $(X_t)_{t \in T}$ se representara como los diferentes estados o lugares turísticos asociados al proyecto de trazabilidad denominados PAT's que el turista visita en Popayán.

En la tabla 6.1 indica los códigos usados para los lugares turísticos, se incluyen en este listado para el análisis posterior aquellos sitios en los cuales se registraron movimiento (más de 2 sitios visitados) por parte del turista durante su visita en Semana Santa del año 2011 en la ciudad de Popayán.

Se determina así, los estados de la CM que comprenden los 16 lugares visitados y un estado adicional de absorción identificado como “OUT”, que comprende el estado de salida del espacio de estados S .

Para comenzar a modelar el movimiento de los turistas en las cadenas de markov, se obtendrá la matriz de transición (Tabla 6.2) y para ello, se hace necesario dibujar el árbol grafico (ver figuras 6.1, 6.2 y 6.3) con la suma de todas las secuencias de movimientos por turista y las frecuencias de visita a cada lugar turístico, como también las frecuencias de movimientos de un estado al siguiente. Se observa que el número máximo de transiciones es igual 7, indicando el número máximo de lugares visitados por el turista.

Tabla 6.1: Lugares Turísticos

Estado	Id
Unicauca	2
Camara de Comercio del Cauca	3
Policía de Turismo - Terminal	4
Campanario	5
Museo Casa Mosquera	6
Confort Suites Hotel	8
Museo Negret Y MIAMP	13
Museo Guillermo León Valencia	14
Policía de Turismo - Aeropuerto	15
Los Quingos Restaurante Típico	23
Aplanchados Doña Chepa	26
Restaurante y Pizzería El Recuerdo	27
Museo Nacional Guillermo Valencia	30
Expocauca	42
Arte y Fuego	51
Arquidiosesano	55
Red de Museos	57

De la matriz de transición se representa un grafo (figura 6.4), que permite visualizar las transiciones presentes de un estado a otro con sus respectivas probabilidades.

La probabilidad inicial de visitar un lugar turístico A_i , denotada $Pr(A_i(1))$, está dada por el número de visitas al sitio turístico como primer destino dividido por la sumatoria total de visitas a todos los lugares como primer destino. Tomando como ejemplo el lugar 30 (Museo Nacional Guillermo Valencia), el cálculo de su probabilidad inicial es:

$$Pr(30(1)) = \frac{48}{393}$$

En la tabla 6.3 se resume las probabilidades iniciales de las visitas.

La probabilidad inicial de cualquier secuencia de movimientos desde el momento en que un turista visita la ciudad hasta cuando la deja, puede ser calculada con la matriz de transiciones y el vector de probabilidades iniciales, ejecutando la ecuación 6.5.

$$Pr = (X_1 = i_1, X_2 = i_2, X_3 = i_3, \dots, X_n = i_n) = v_{i_1} P_{i_1} P_{i_2} P_{i_3} P_{i_4} \dots P_{i_{n-1}} P_{i_n} \quad (6.5)$$

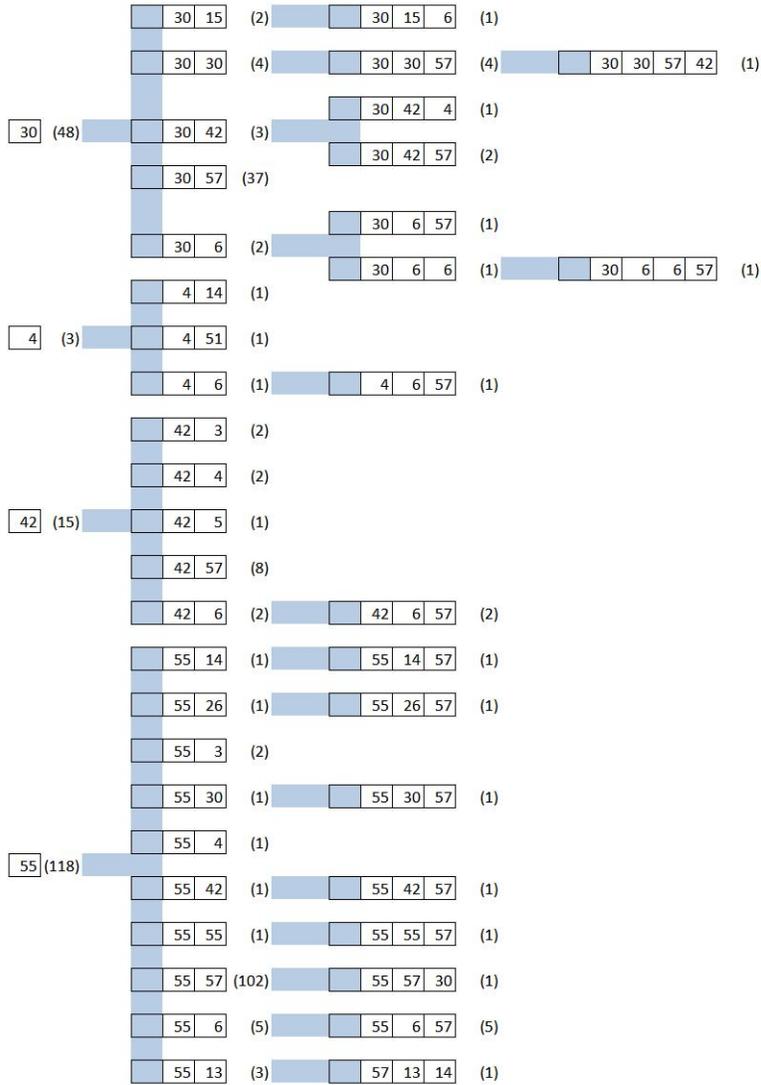


Figura 6.2: Árbol de transiciones, segunda parte.

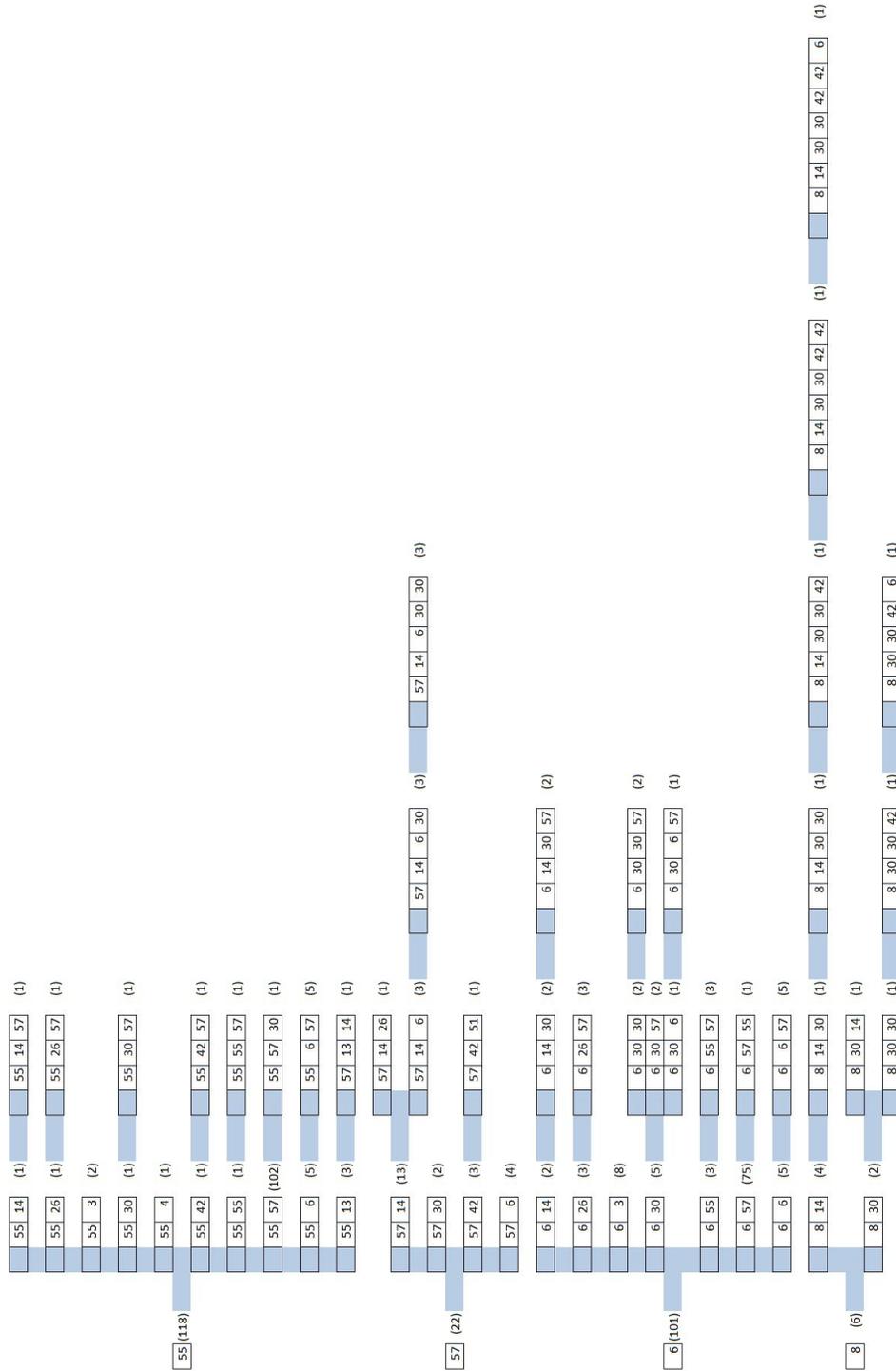


Figura 6.3: Árbol de transiciones, tercera parte.

Tabla 6.2: Matriz de transición

	out	2	3	4	5	6	8	13	14	15	23	26	27	30	42	51	55	57
out	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0,03	0,05	0	0,15	0	0	0,26	0	0	0,1	0	0,1	0,18	0,03	0,08	0,03
	4	0	0	0	0	0,33	0	0	0,33	0	0	0	0	0	0	0,33	0	0
	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0,06	0	0,05	0	0	0,02	0	0	0,02	0	0,07	0	0	0,02	0,75
	8	0	0	0	0	0	0	0	0,67	0	0	0	0	0,33	0	0	0	0
	13	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5
	14	0	0	0,12	0,02	0	0,21	0	0	0	0,1	0	0,02	0	0,07	0	0,05	0,4
	15	0	0	0	0	0,2	0	0	0,4	0,2	0	0	0	0	0,2	0	0	0
	23	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0,8
	27	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5
	30	0	0	0	0	0,04	0	0	0,01	0,03	0	0	0	0,16	0,08	0	0	0,67
	42	0	0	0,12	0,12	0,04	0,15	0	0	0	0	0	0	0	0,12	0,04	0	0,42
	51	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	55	0	0	0,02	0,02	0	0,05	0	0,02	0,01	0,01	0	0,01	0	0,01	0	0,01	0,85
	57	0	0	0	0	0,16	0	0	0,52	0	0	0	0	0,12	0,16	0	0,04	0

Tabla 6.3: Probabilidades Iniciales

	Probabilidad
Pr(13)	0,0025
Pr(14)	0,08651
Pr(15)	0,01
Pr(23)	0,003
Pr(26)	0,003
Pr(27)	0,005
Pr(3)	0,094
Pr(30)	0,122
Pr(4)	0,008
Pr(42)	0,038
Pr(55)	0,3
Pr(57)	0,056
Pr(6)	0,257
Pr(8)	0,015

Como los datos de las probabilidades del próximo salto o transición y la distribución estados iniciales fueron hallados, se hará uso a ecuación 6.5 para obtener Las probabilidades de los patrones de movimientos. Dado el caso, en que el patrón de movilidad de un turista en la ciudad es $55 - > 6 - > 57$, el movimiento del turista tendrá como inicio el Museo Casa Mosquera (6), su próxima visita será en el Museo Nacional Guillermo Valencia (30) y como última visita Red de Museos (57), por lo tanto la probabilidad de este patrón es calculado usando la tabla 6.2 y la tabla 6.3 de la siguiente manera:

$$Pr((6)(30)(57)) = Pr((6)) \times Pr((30)/(6)) \times Pr((57)/(30)) = 0,257 \times 0,1 \times 0,7 = 0,01799 \tag{6.6}$$

El supuesto fundamental tomado en este proceso es que, cada probabilidad de transición de un solo paso se considera estacionaria, es decir, cada transición de un solo paso es independiente de donde se produce en una cadena de Markov. Por ejemplo, la suposición de que la probabilidad de pasar de A a D en el patrón de secuencia ADBC es el mismo que pasar de A a D en la BCEFAD secuencia de cinco pasos.

6.3.2. Validación del modelado de cadenas de markov para el movimiento de turistas en el caso de estudio

Para Validar el modelado por medio de CM del movimiento del turistas, se hara un uso de la validación expuesta en la sección 6.2, con el fin de identificar si existe relación entre el comportamiento del estado precesor y el estado sucesor (haciendo referencia a los lugares

turísticos) del movimiento del turista.

El modelo de validación a utilizar es X^2 (chi cuadrado) dado por la ecuación 6.2, para realizar este cálculo, se utilizará el programa estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) [50], versión 15.0. Al utilizar el programa SPSS dará el nivel de significación, es decir la probabilidad de rechazar la hipótesis nula siendo cierta y por tanto la probabilidad de equivocarse si se rechaza la hipótesis nula.

La hipótesis nula H_0 , se define como la independencia existente entre la relación del movimiento del turista de un lugar turístico precursor a un lugar turístico sucesor (transiciones), si H_0 es válida se concluye que no es confiable modelar el movimiento turístico a través de CM.

Para realizar el análisis de chi cuadrado o bondad de ajuste utilizando el programa SPSS se ingresa el número de visitas que se producen en las transiciones posibles de un estado a otro, registradas al ejecutar el proyecto “Sistema Piloto de Trazabilidad Turística”. Obteniendo los siguientes resultados mostrados en las tablas 6.4 y 6.5.

Tabla 6.4: Resumen del Procesamiento de los Casos

	Casos					
	Válidos		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
filas * columna	487	100	0	0	487	100

Tabla 6.5: Pruebas de chi cuadrado X^2

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	1155,13025	238	2,91E-120
Razón de verosimilitudes	463,477792	238	1,1523E-16
Asociación lineal por lineal	6,62584956	1	0,01005092
N de casos válidos	487		

Entonces, el valor calculado chi cuadrado en el programa SPSS es de $X^2 = 1155,13025$ y grados de libertad $gl = 238$. el valor d grados de libertad es dado por la multiplicación $(n - 1) * (k - 1)$ donde n número de filas de la matriz y k número de columnas de la matriz, como la matriz evaluada es de orden 16×16 , el valor de $gl = (18 - 1)(18 - 1) = 289$, pero como la matriz presenta transiciones nulas a los estados (8), (23) y (27), el nuevo k será $k = 15$, teniendo así el nuevo valor de $gl = (18 - 1)(15 - 1) = 238$, valor que es el obtenido con el programa SPSS. Cuando se utiliza SPSS da el nivel de significancia, que es el error que se puede cometer al rechazar la hipótesis nula H_0 , por lo general se trabaja con un nivel de significancia de 0,05, que indica que hay una probabilidad del 0,95 de que la hipótesis nula sea

verdadera.

A continuación, se compara el valor calculado X^2 con el programa SPSS con el valor de referencia $X^2_{(n-1)(k-1)}$ critico (Ver Anexo F), para $gl = 238$

- $X^2 = 1155,13025$, valor calculado
- el valor de referencia critico $X^2_{(n-1)(k-1)}$ está entre los valores 233,9942 y 287,8815, para un nivel de confianza del 95 % (5 % nivel de significación)

Por lo tanto, se cumple la definición 6.3 ($X^2 > X^2_{(n-1)(k-1)}$), rechazando así la hipótesis nula de independencia existente entre la relación del movimiento del turista de un lugar turístico precursor a un lugar turístico sucesor (transiciones). Concluyendo que el movimiento de un turista está influenciado por el estado o sitio turístico donde se encuentre para pasar a otro.

Se confirma así la validación de Modelar el movimiento de turistas con cadenas de markov.

6.3.3. Patrones de movilidad y análisis de resultados

En este aparte, en donde se llegaran a patrones de movilidad a partir del modelamientos de CM para movimiento del turista, se realizará en primer lugar partiendo de la premisa: dada la probabilidad inicial, se determina la probabilidad de llegar al estado j en el tiempo n en la ecuación 6.7, de la cual se infiere que la probabilidad de estar en un estado j es dada sin necesidad de conocer el estado en el cual da inicio.

$$P.deestadojentiempn = \sum_{i=1}^s q_i * P_{ij}^n = q * (columnadejP_n) \quad (6.7)$$

El proceso que se plantea en esta proyecto de grado para la obtención de patrones es obtener las probabilidades más significativas de la probabilidad de estado j en la transición n , P^n , De igual manera las probabilidades de estado inicial q . La secuencia de movimientos (patrones de movilidad) se generaran a medida que la probabilidad P^n toma valores.

De esta manera, la probabilidad de que un turista este en algún lugar del espacio de estados S después de un salto será:

$$P^n, \text{ donde } n = 1, \text{ luego } q * P^1$$

Obteniendo los resultados mostrados en la tabla 6.6

Tabla 6.6: Probabilidad de estar en algún estado S después de un salto

Estado	Probabilidad de Estado Resultante
out	0
2	0,002419
3	0,042886
4	0,011301
5	0,00403
6	0,086024
8	0
13	0,007226
14	0,079578
15	0,016067
23	0
26	0,020142
27	0
30	0,068231
42	0,044852
51	0,006432
55	0,022034
57	0,588777

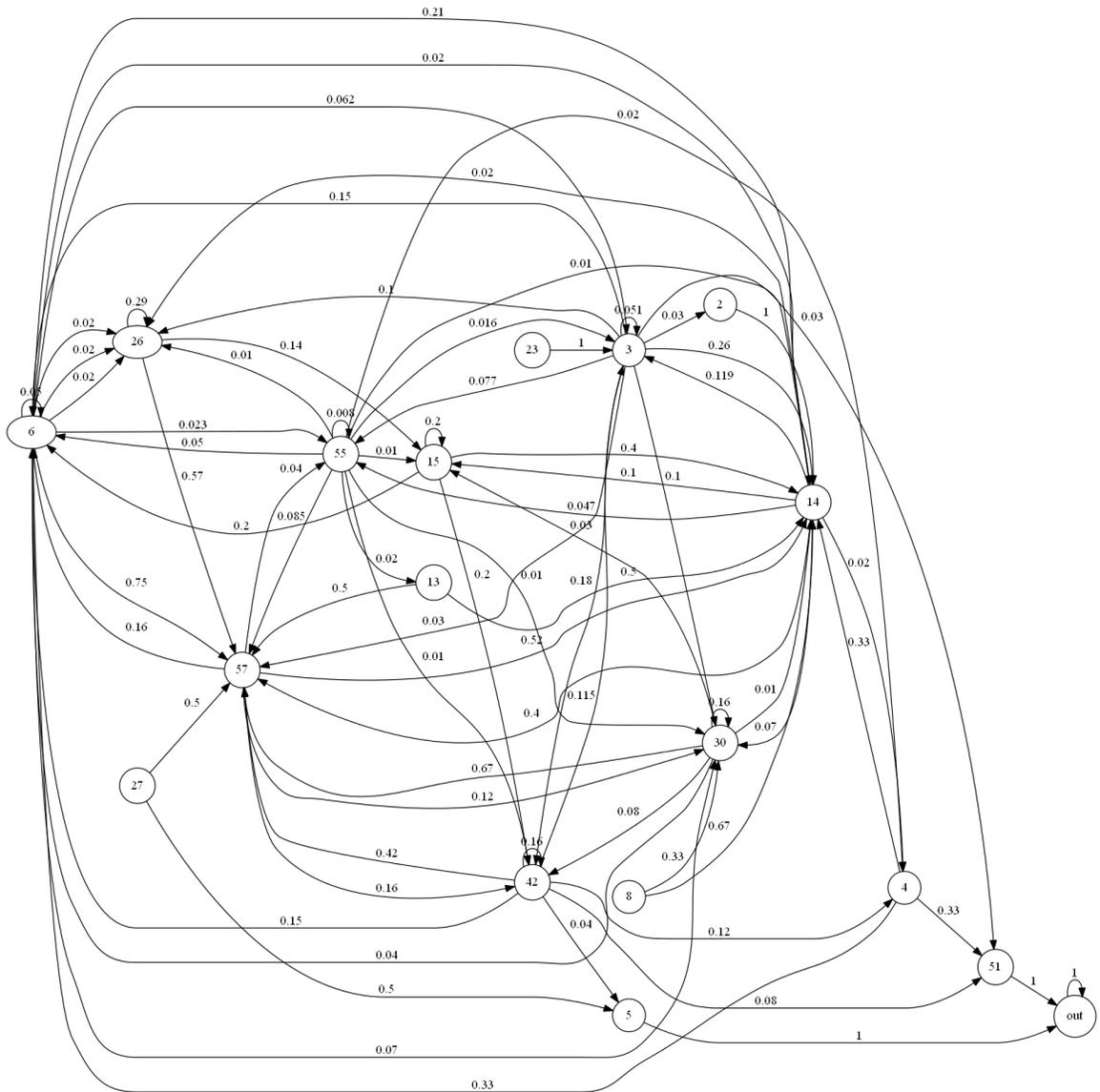


Figura 6.4: Diagrama transiciones de estados.

La probabilidad de que un turista este en algún lugar del espacio de estados S después de 2 saltos será:

$$P^n, \text{ donde } n = 2, \text{ luego } q * P^2$$

Obteniendo los resultados mostrados en la tabla 6.7

Tabla 6.7: Probabilidad de estar en algún estado S después de 2 saltos

Estado	Probabilidad de Estado Resultante
out	0,010462
2	0,0011
3	0,022536
4	0,007423
5	0,001725
6	0,140265
8	0
13	0,000529
14	0,335831
15	0,016866
23	0
26	0,00847
27	0
30	0,09813
42	0,116075
51	0,006592
55	0,032816
57	0,201181

6.3. Implementación de cadenas de markov en modelamiento del movimiento espacio temporal de turistas

La probabilidad de que un turista este en algún lugar del espacio de estados S después de 3 saltos será:

$$P^n, \text{ donde } n = 3, \text{ luego } q * P^3$$

Obteniendo los resultados mostrados en la tabla 6.8

Tabla 6.8: Probabilidad de estar en algún estado S después de 3 saltos

Estado	Probabilidad de Estado Resultante
out	0,018779
2	0,000578
3	0,063752
4	0,021914
5	0,004464
6	0,144544
8	0
13	0,000788
14	0,124759
15	0,040002
23	0
26	0,013832
27	0
30	0,07662
42	0,061328
51	0,007516
55	0,029297
57	0,391825

La probabilidad de que un turista este en algún lugar del espacio de estados S después de 4 saltos será:

$$P^n, \text{ donde } n = 4, \text{ luego } q * P^4$$

Obteniendo los resultados mostrados en la tabla 6.9

Tabla 6.9: Probabilidad de estar en algún estado S después de 4 saltos

Estado	Probabilidad de Estado Resultante
out	0,03076
2	0,001635
3	0,034631
4	0,010516
5	0,002359
6	0,136373
8	0
13	0,000703
14	0,247898
15	0,024982
23	0
26	0,013105
27	0
30	0,085383
42	0,095744
51	0,011298
55	0,030114
57	0,274501

6.3. Implementación de cadenas de markov en modelamiento del movimiento espacio temporal de turistas

La probabilidad de que un turista este en algún lugar del espacio de estados S después de 5 saltos será:

$$P^n, \text{ donde } n = 5, \text{ luego } q * P^5$$

Obteniendo los resultados mostrados en la tabla 6.10

Tabla 6.10: Probabilidad de estar en algún estado S después de 5 saltos

Estado	Probabilidad de Estado Resultante
out	0,044417
2	0,000888
3	0,051274
4	0,017431
5	0,003682
6	0,137955
8	0
13	0,000723
14	0,170629
15	0,033807
23	0
26	0,012867
27	0
30	0,07799
42	0,073438
51	0,008076
55	0,028861
57	0,337963

La probabilidad de que un turista este en algún lugar del espacio de estados S después de 6 saltos será:

$$P^n, \text{ donde } n = 6, \text{ luego } q * P^6$$

Obteniendo los resultados mostrados en la tabla 6.11

Tabla 6.11: Probabilidad de estar en algún estado S después de 6 saltos

Estado	Probabilidad de Estado Resultante
out	0,056175
2	0,001315
3	0,040433
4	0,012998
5	0,002825
6	0,134472
8	0
13	0,000693
14	0,212908
15	0,027953
23	0
26	0,012761
27	0
30	0,080678
42	0,085153
51	0,00995
55	0,029027
57	0,29266

Como paso posterior, se toman las probabilidades mas significativas de estar en un lugar con respecto a otro en el espacio de estados S después de generar un número de saltos por parte del turista, esto presente en las tablas 6.6, 6.7, 6.8, 6.9, 6.10, 6.11 . El criterio para elegir las probabilidades significativas serán aquellas que superen la probabilidad promedio de estar en algún estado, si, la probabilidad de estar en cualquier estado son iguales, de esta forma la probabilidad promedio es: $1/18 = 0,0555$, donde 18 es el número total de estados. Esto quiere decir que se toman como patrones aquellos puntos que tengan un valor de probabilidad mayor a 0.0555

Por tanto, tenemos los siguientes resultados mostrados en las tablas 6.12, 6.13, 6.14, 6.15, 6.16, 6.17, donde representan las probabilidades significativas de que un turista este en un estado con respecto a los demás después de 1, 2, 3, 4, 5 y 6 saltos.

Tabla 6.12: Probabilidad de estado resultante despues de un periodo del periodo inicial

Patron	6	14	30	57
P(r)	0,086024	0,079578	0,068231	0,588777

Tabla 6.13: Probabilidad de estado resultante despues de dos periodos del periodo inicial

Patron	6	14	42	57
P(r)	0,140265	0,335831	0,116075	0,201181

Tabla 6.14: Probabilidad de estado resultante despues de tres periodos del periodo inicial

Patron	3	6	14	42	57
P(r)	0,063752	0,144544	0,124759	0,061328	0,391825

Tabla 6.15: Probabilidad de estado resultante despues de cuatro periodos del periodo inicial

Patron	6	14	30	42	57
P(r)	0,136373	0,247898	0,085383	0,095744	0,274501

Tabla 6.16: Probabilidad de estado resultante despues de cinco periodos del periodo inicial

Patron	3	6	14	42	57
P(r)	0,051274	0,137955	0,170629	0,073438	0,337963

Tabla 6.17: Probabilidad de estado resultante despues de seis periodos del periodo inicial

Patron	out	6	14	30	42	57
P(r)	0,056175	0,134472	0,212908	0,080678	0,085153	0,29266

Analizando los resultados presentes en las tablas 6.12, 6.13, 6.14, 6.15, 6.16, 6.17, que representan los patrones obtenidos de la multiplicación de las potencias calculadas a la matriz de transición y el vector de probabilidades iniciales, se observa que los lugares con mayor probabilidad y que predominan en cada salto corresponden a museos, aunque después del segundo salto aparece la representación de artesanías con Expocauca, también se observa que en el tercer y quinto salto esta presente la Camara de Comercio del Cauca que podría indicar que el turista en su recorrido ve la necesidad de información sobre los demás lugares que podría visitar como museos, restaurantes, artesanías, etc. En el caso del sexto salto aparece el estado OUT que representa la salida del turista, aquí se presenta la relación existente con el árbol de transiciones (ver Figuras 6.1, 6.1 y 6.1) en el número máximo de saltos que se presenta por los turistas en los datos que se registraron al llevar a cabo el desarrollo del proyecto piloto de trazabilidad turística.

Para el análisis de la probabilidad de que un turista este en algún lugar del espacio de estados S después de n saltos, n toma los valores de 1, 2, 3, 4, 5 y 6, con un máximo de 6 saltos que indica que en este salto la secuencia de movimientos corresponde a el número máximo de estados (7) modelado con las cadenas de markov.

De esta manera, se presentan los siguientes sitios de interes turístico, como resultado del proceso realizado con cadenas de markov inmediatamente anterior.

- 3 = Camara de Comercio del Cauca
- 6 = Museo Casa Mosquera
- 14 = Museo Guillermo león Valencia
- 30 = Museo Nacional Guillermo león Valencia
- 42 = Expocauca
- 57 = Red de museos

De tal manera que, como un comportamiento futuro de este ejercicio, los seis sitios, significaran, los lugares que serán mas visitados o zonas calientes (mayor afluencia de turistas), las cuales, serian lugares potenciales para realizar campañas de información o alguna estrategia que se desee llevar a cabo por las personas u organizaciones para sus intereses.

Los resultados también nos indican la forma como se centraliza gran parte del turismo en museos, indicando así, el tomar una estrategia por los entes encargados para masificar la visita del turista hacia los demás sitios turísticos que presenta la ciudad de Popayán.

Un segundo análisis, para determinar patrones de movilidad, es identificar las secuencias o transiciones significativas en el modelamiento del movimiento de turista, que esta determinado

6.3. Implementación de cadenas de markov en modelamiento del movimiento espacio temporal de turistas

por el número de visitas realizadas a cada estado (sitio turístico), en donde la probabilidad de cada patron se obtiene haciendo uso de la ecuación 6.5, utilizando los valores presentes en la matriz de transición (tabla 6.2) y el vector de probabilidades iniciales (tabla 6.3), para un número de vistas n, donde n toma valores 2, 3, 4, 5, 6 y 7.

Los patrones y sus respectivas probabilidades son los registrados en las tablas 6.18, 6.19 y 6.20.

Tabla 6.18: Probabilidad de patrones de movimiento, n=2

Patron	14 - 57	14 - 6	3 - 14	3 - 42	3 - 6	30 - 30	30 - 57
Probabilidad	0,346	0,1865	0,0244	0,0169	0,0141	0,0195	0,0817
Patron	3 - 30	55 - 57	55 - 6	57 - 14	6 - 3	6 - 57	8 - 14
Probabilidad	0,009	0,255	0,015	0,029	0,015	0,193	0,01

Tabla 6.19: Probabilidad de patrones de movimiento, n=3

Patron	14 - 6 - 57	3 - 42 - 42	30 - 30 - 57	3 - 30 - 42	55 - 57 - 30
Probabilidad	0,139	0,002	0,013	0,0007	0,03
Patron	55 - 6 - 57	57 - 14 - 6	6 - 57 - 55	8 - 14 - 30	
Probabilidad	0,011	0,006	0,007	0,0007	

Tabla 6.20: Probabilidad de patrones de movimiento, n = 4, n = 5, n = 6 y n = 7

Patron	30 - 30 - 57 - 42	3 - 30 - 42 - 3	57 - 14 - 6 - 30	8 - 14 - 30 - 30
Probabilidad	0,002	0,0008	0,0004	0,0001
Patron	3 - 30 - 42 - 3 - 57	57 - 14 - 6 - 30 - 30	8 - 14 - 30 - 30 - 42	8 - 14 - 30 - 30 - 42 - 42
Probabilidad	0,000024	0,00006	0,000008	0,0000096
Patron	8 - 14 - 30 - 30 - 42 - 42 - 6			
Probabilidad	0,00000014			

Analizando los datos obtenidos en las tablas 6.18, 6.19 y 6.20, se observa que:

- Las rutas con un número de transiciones igual a 1 (2 sitios o estados visitados) y con mayor probabilidad son 14 - 57 (Museo Guillermo león Valencia - Red de Museos), 55 - 57 (Museo Arquidiosesano- Red de Museos) y 14 - 6 (Museo Guillermo león Valencia - Museo Casa Mosquera), indicando de esta manera, que estas rutas son los recorridos mas frecuentados por los turistas, cabe notar que en la representación visual de estas por medio de trazas sobre mapas, indican el recorrido de un punto a otro, sin tener en cuenta puntos intermedios, pero que es una aproximación para observar y poder hacer inferencia de las diferentes alternativas que el turista tiene para llegar desde un punto a otro.
- En el caso de las demás rutas con un número de visitas mayor a 2 es de resaltar la ruta 14 - 6 - 57 (Museo Guillermo león Valencia - Museo Casa Mosquera - Red de Museos), que

tiene un valor de probabilidad mayor en comparación a las rutas que presentan 3 visitas. Al igual en como se presenta en los movimientos de una transición, en este caso de dos transiciones el primer lugar de visita predominante por parte de los turistas serian museos y mas específicamente el Museo Guillermo león Valencia y también se sigue que para el siguiente movimiento serian los lugares representados por museos. Representando asi los museos sitios de gran interés turístico en la ciudad de Popayán.

- Las rutas analizadas y por tanto los sitios turísticos que las componen, pueden llamarse "zonas calientes", termino utilizado en marketing para referirse a los sitios o zonas de mayor afluencia de público, indicando, en este caso, un alto tráfico de turistas, por lo que implicaría que estas zonas pueden convertirse en puntos estratégicos para el manejo de información comercial dirigida a los turistas, o bien puede ser aplicado directamente a ubicación de establecimientos comerciales con productos dirigidos a los turistas. Igualmente, al identificarse estas rutas, se puede incrementar la seguridad de las mismas pensando en la tranquilidad del turista

6.4. Conclusiones

1. En este capítulo podemos concluir, que es posible modelar el movimiento del turista en la ciudad de Popayán a través de cadenas de markov y que se puede validar el modelo por medio del análisis realizado por el chi cuadrado o bondad de ajuste, que determinó la relación existente entre el paso de un estado a otro, refiriéndose a estados en este proyecto a los diferentes establecimientos turísticos vinculados al proyecto “Sistema Piloto de Trazabilidad Turística”.
2. El modelamiento de la actividad turística en cadenas de markov permite determinar diferentes patrones de movilidad, realizando en este caso, dos formas que permiten calcular la probabilidad en el primer caso después de un número de saltos, sin que interese el lugar de donde parte el turista y en el segundo caso es calcular la probabilidad al tener diferentes tipos de secuencias de movimientos en los diferentes estados, para comparar, así si se requiere que secuencia de recorrido presenta una mayor probabilidad.
3. Se observa como la probabilidad del estado absorbente “OUT” que representa la salida del espacio de estados “S”, empieza a incrementarse a medida que la secuencia de movimientos aumenta, para este análisis se presenta un máximo de 7 estados visitados por el turista (6 transiciones), de esta manera se puede decir que la probabilidad de estar en el estado OUT incrementaría, indicado de esta manera por el análisis de cadenas de markov que el estado OUT tiene efecto en la sexta transición (tabla 6.17).
4. Finalmente, en el capítulo se puede concluir, que existe un aporte de este proceso a las diferentes entidades tanto públicas como privadas, para la toma de decisiones en las diferentes áreas que les competen, correspondientes a la tener información del comportamiento del turista en la ciudad de Popayán en Semana Santa.

Capítulo 7

Conclusiones y Trabajos Futuros

7.1. Aportes

Aportes a nivel de ingeniería y sobre el campo de trabajo

Mediante el desarrollo de este trabajo de grado se busca obtener puntualmente los siguientes aportes más relevantes:

- Modelo estocástico para la representación dinámica de la trazabilidad turista en la ciudad de Popayán para tiempo de semana santa.
- Evaluación de alternativas para la captura y visualización de información de trazabilidad turística.
- Prototipo que permita la validación del modelo de representación de información de trazabilidad turística.
- Reporte de la evaluación del prototipo desarrollado bajo el modelo propuesto, usando datos provenientes de la información generada del proyecto sistema piloto de trazabilidad turística.
- Este proyecto contribuye en gran manera a diferentes instituciones como Cámara de Comercio del Cauca, DANE, SENA, Gobernación del Cauca, Policía De Turismo del Cauca entre otras quienes podrán contar con datos reales de una actividad que hasta el momento no se cuenta con verdaderos registros de los aportes que llegan a generar en su totalidad. Este proyecto, además contribuye al trabajo “Sistema piloto de Trazabilidad Turística” (proyecto marco), que es llevado a cabo por la Universidad del Cauca para la Mesa Departamental de Turismo del Cauca, liderado en la parte tecnológica por el Grupo de Ingeniera Telemática GIT y el Grupo de Desarrollo Turístico y regional GITUR con la

financiación de la Gobernación del Cauca.

- Como valor agregado, este proyecto coloca de manifiesto la necesidad de involucrar la tecnología y sus aplicaciones a cada una de las actividades que en nuestra región en particular aún carecen de la misma, con la finalidad de aportar al fortalecimiento de la economía al igual que otras iniciativas que propenden por el mismo fin.
- En cuanto al posible aporte a nivel económico y de innovación, este proyecto está en línea con el Plan Vive Digital en Colombia, donde el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo ve la necesidad de la promoción de inversión en el sector de las Tecnologías de la Información y la Comunicación TIC, en su internacionalización, competitividad y la promoción de tecnologías en empresas como es en este caso el turismo digital.

7.2. Resultados

- De igual forma se obtuvo una aplicación para representación de información espacio temporal por medio de trazas sobre mpaas, dentro del marco del proyecto de trazabilidad turística.
- Apartir de la información capturada, se modela el movimiento de la actividad turística mediante el uso de las cadenas de Markov y como resultado de este modelamiento se obtuvo unos patrones de movilidad.
- Como resultado de la representación de la información se lograron obtener un número representativo de las trazas derivadas de la actividad turística.
- Se logró obtener la huella digital dejada por la actividad de los turistas o visitantes como elemento para la determinación de acciones que puedan llegar a favorecer el Turismo regional y en particular la economía del departamento, todo lo anterior sustentado en la importancia que constituye el turismo para nuestra región.

7.3. Conclusiones

1. El concepto de trazabilidad tiene hoy varias connotaciones y pasa de ser tomada como una simple inspección o seguimiento a un protocolo o a un grupo de acciones a ser considerada como un análisis profundo de la trayectoria o camino que sigue un ente o entidad en la consecución de una acción o en el alcance de un objetivo particular.

2. La elaboración de huellas digitales a partir de la información obtenida en la trazabilidad sirve como base en la conformación de rutas, de sitios de mayor conglomerado y similar.
3. Establecer modelos que permitan la captura de la información, no solo facilitan el conocimiento de los diferentes agentes que participan de una actividad, sino que permite establecer la importancia de sus roles.
4. A nivel de tecnologías resaltan RFID y NFC resultan ventajosas código de barras, ya que ofrece un alto nivel de seguridad en la captura de la información y su probabilidad de error en la obtención de datos del usuario es mínima, lo cual hace que resulte una tecnología apropiada para los sistemas basados en captura de datos.
5. Las experiencias previas se centran en prevalecer la optimización de servicios y de negocios en general a partir del uso o la aplicación de tecnologías que permiten analizar los datos obtenidos y construir una huella o una trayectoria que pueda servir como punto de partida para la solución de diferentes problemas, a diferencia de esta propuesta que se enfoca en presentar un modelo para la captura y representación de trazabilidad.
6. Para el diseño de un modelo se requiere de la identificación total de cada uno de sus componentes. Los aspectos antes mencionados y mediante la división en de módulos y submódulos integrantes se logró obtener una abstracción correcta y una óptima implementación del sistema de interés.
7. Las diferentes alternativas para llevar a cabo la representación, permitió establecer un marco de referencia que a su vez permitió valorar cada uno de los aspectos relacionados con el modelo, apegado siempre al cumplimiento de los objetivos inicialmente trazados para cada módulo conformante.
8. Se logró identificar la importancia que posee el procesamiento de la información, este constituye parte fundamental de la posterior representación de la información capturada, el tratamiento de la información , el análisis a ser aplicado y la forma para dar paso a la construcción del modelo son piezas indispensables en la búsqueda del cumplimiento del objetivo general de este trabajo de grado.
9. Tener un panorama que sirva como base de trabajo, permitió poder establecer actividades a realizar , teniendo en cuenta los requerimientos básicos y complementarios del modelo, esto hace posible una adecuada determinación o estimación del tiempo en el que puede ser implementado el modelo a proponer.
10. Los resultados del proceso que se indica en el capítulo 4, son base para la representación de información, ya que nos permite identificar: el modelo entidad relación de los sistemas no solo para captura si no también para representación, los diferentes establecimientos y comercios asociados que representan para el prototipo de este trabajo los lugares turísticos o estados y el modelo de negocio para identificar como actúa cada actor que hace parte del sistema piloto de trazabilidad turística.

11. El proyecto piloto de trazabilidad turística del Cauca puede ser implementado con el modelo de captura de información espacio temporal, determinándose de esta manera el proyecto como dos sistemas (sistema de captura y de representación de información espacio temporal) en el proceso para realizar y llevar a cabo trazabilidad.
12. El modelo de captura de información puede adaptarse a diferentes entornos en el que varía la tecnología o la técnica, que para su implementación dependen de las condiciones ya sean tecnológicas o logísticas.
13. Como alternativa para la captura de información se adoptan encuestas que son registradas sobre una aplicación web, debido a las condiciones técnicas de los diferentes PAT, parte de los registros se realizaron sobre encuestas y formatos en papel. Por limitaciones técnicas el proyecto de trazabilidad se limita para este piloto en la implementación del entorno presente en la Figura 5.1.
14. En el capítulo 5, se presentan propuestas de modelos tanto para representación como para visualización que permiten para trabajos futuros en el ámbito no solo de trazabilidad si no en otro que se requiera para trazabilidad.
15. El sistema de trazabilidad expuesto permite ver la representación de la trazabilidad sobre un servidor de mapas (google maps), para evidenciar la actividad turística evidenciada en la ciudad de Popayán.
16. Para representar información sobre mapas se analizaron alternativas como Google Maps, Yahoo Maps, Bing Maps y OpenStreetMaps quienes presentan la posibilidad de realizar trazas sobre sus mapas y realizar interacción por medio del API que estos servidores ofrecen, pero debido a calidad en la imágenes, zoom y la información que se presenta en los mapas del espacio delimitado por la ciudad de Popayán, Google Maps nos ofrece mejor calidad.
17. Los resultados de la captura de información también pueden ser evidenciados sobre el sistema de trazabilidad en la concurrencia del turista en la ciudad de Popayán, de esta forma se integra la función que en un principio no estaba contemplada en el proyecto.
18. Como resultados obtenidos el sistema es permite hacer la visualización por parámetros ya sean turistas extranjeros o nacionales y si es el caso de un turista en particular que ha tenido como visitas mínima dos PAT.
19. Se concluye, que es posible modelar el movimiento del turista en la ciudad de Popayán a través de cadenas de markov y que se puede validar el modelo por medio del análisis realizado por el chi cuadrado o bondad de ajuste, que determinó la relación existente entre el paso de un estado a otro, refiriéndose a estados en este proyecto a los diferentes establecimientos turísticos vinculados al proyecto “Sistema Piloto de Trazabilidad Turística”.

20. El modelamiento de la actividad turística en cadenas de markov permite determinar diferentes patrones de movilidad, realizando en este caso, dos formas que permiten calcular la probabilidad en el primer caso después de un número de saltos, sin que interese el lugar de donde parte el turista y en el segundo caso es calcular la probabilidad al tener diferentes tipos de secuencias de movimientos en los diferentes estados, para comparar, así si se requiere que secuencia de recorrido presenta una mayor probabilidad.
21. Se observa como la probabilidad del estado absorbente “OUT” que representa la salida del espacio de estados “S”, empieza a incrementarse a medida que la secuencia de movimientos aumenta, para este análisis se presenta un máximo de 7 estados visitados por el turista (6 transiciones), de esta manera se puede decir que la probabilidad de estar en el estado OUT incrementaría, indicado de esta manera por el análisis de cadenas de markov que el estado OUT tiene efecto en la sexta transición (tabla 6.17).
22. Finalmente, se puede concluir, que existe un aporte de este proceso a las diferentes entidades tanto públicas como privadas, para la toma de desiciones en las diferentes áreas que les competen, correspondientes a la tener información del comportamiento del turista en la ciudad de Popayán en Semana Santa.

7.4. Lecciones aprendidas

- El diseño de un modelo requiere de la definición explícita de una metodología que apunte a la correcta elaboración del mismo; dicha metodología deberá de ser lo suficientemente sólida de manera que pueda ser garantía para el cumplimiento de los objetivos.
- El desarrollo de aplicaciones web utilizando recursos de servidores de mapas, permite la utilización de diferentes frameworks que facilita la integración de las APIs que proporcionan estos servicios, pero estos frameworks presentan limitaciones en las funcionalidades de las APIs.
- El desarrollo del piloto de trazabilidad turística, demanda la gestión de muchos actores para poder llevarse a cabo, y permitir así la aplicación de este trabajo de grado.

7.5. Trabajos futuros

- Implementación del modelo para otras áreas del conocimiento y de interés para la región del Departamento del Cauca..
- Implementación del sistema en tiempo real, y acceso por medio de una aplicación móvil que permita la consulta y el registro de la información concerniente a cada uno de los sitios visitados de interés; sería adecuado que se realizase un análisis de infraestructura y

de viabilidad.

- Igual se propone el análisis e implementación del sistema de trazabilidad en diferentes sectores de la economía que sumados la turismo son en este momento fuentes generadoras de empleo y de nuevos mercados para nuestro País.
- Integración del análisis estadístico por medio del modelado de markov al prototipo de representación, para visualizar las trazas representativas.
- Observar el comportamiento en las siguientes épocas de semana santa en la ciudad de Popayán con respecto a los resultados del modelado de markov presente en este trabajo de grado.

Bibliografía

- [1] D. Ratti, “Importancia del Turismo en el Mundo,” tech. rep., TACA Perú, Santiago de Chile, 02 de abril de 2008.
- [2] P. sectorial de turismo 2008-2010 “Colombia destino turístico de clase mundial”, “Viceministerio de Turismo,” tech. rep., Ministerio de Comercio. Industria y Turismo, 2011.
- [3] C. Serrano, *Un Modelo Integral para un Profesional en Ingeniería*. Universidad del Cauca, 2003.
- [4] M. de Comercio. Industria y Turismo Colombia, “Portafolio de Servicios,” tech. rep., Ministerio de Comercio. Industria y Turismo - Colombia, 2011.
- [5] P. V. D. Colombia, “Plan Vive Digital Colombia,” tech. rep., Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, 2010.
- [6] C. Joven, “Colombia Joven. Programa Presidencial para el Sistema Nacional de Juventud,” tech. rep., Presidencia de la República, 2010.
- [7] D. P. C. Pinzón, *Proyecto Tampu. Sistema de Información y Promoción Turística del Cauca. Fase I*. PhD thesis, Universidad del Cauca, 2001.
- [8] J. Sánchez, *Diseño de un centro comercial virtual en internet para soportar servicios de comercio electrónico en el portal tampu*. PhD thesis, Universidad del Cauca, 2002.
- [9] S. Garcés, J. López, and W. Ortega, *Estudio de Viabilidad para la Comunidad Virtual de Turismo del Cauca (CVT)*. PhD thesis, Universidad del Cauca, 2007.
- [10] G. Ramírez, J. Hurtado, and A. Castrillón, “Sistema Piloto de Trazabilidad Turística (Módulo 1. Trazabilidad Turística),” tech. rep., Universidad del Cauca, 2010.
- [11] A. Sancho and D. Buhalis, *Introducción al turismo*. Publicaciones de la OMT en educación turística, Organización Mundial del Turismo, 1998.
- [12] Varios, *Avance de la Vigésima tercera Edición*. 2011 - 10.
- [13] R. Pinzón, “Trazabilidad,” tech. rep., Reporte Técnico Interno, 2010.

- [14] M. Goodchild, "Citizens as sensors: the world of volunteered geography," *GeoJournal*, vol. 69, pp. 211–221, Aug. 2007.
- [15] A. Villoria, *La Vida cotidiana y su espacio-temporalidad*. Autores, textos y temas: Ciencias sociales, El Colegio Mexiquense, 2000.
- [16] T. Vives, *Espacio y tiempo*. Coleccion Milenium, Equipo Sirius, 2005.
- [17] E. Kim, S. Helal, and D. Cook, "Human Activity Recognition and Pattern Discovery," *IEEE Pervasive Computing*, vol. 9, pp. 48–53, Jan. 2010.
- [18] R. Grayson, *Managing Your Digital Footprint*. Digital & Information Literacy, Rosen Pub Group, 2011.
- [19] J. M. C. Zuñiga and U. H. Piso, *Modelo de Conectividad para Redes Humanas*. PhD thesis, Universidad del Cauca, Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, 2004.
- [20] M. R. Lopez, A. B. B. Martinez, A. Peleteiro, F. A. M. Fonte, and J. C. Burguillo, "More Tourism: Mobile recommendation for tourism," ., vol. ., pp. 347–348, 2011.
- [21] V. S. Trullén, "Modelo de datos para la captura de información primaria. hacia un modelo de datos común," tech. rep., Servicio de Biodiversidad-Gobierno de Aragón, 22 de noviembre de 2011.
- [22] E. de Ingeniería Universidad Católica de Valparaíso, "Introducción a los modelos."
- [23] N. Warakagoda, "Near field communication opportunities and standards," tech. rep., Tele-nor, 2009.
- [24] E. O'Neill, V. Kostakos, T. Kindberg, A. F. gen. Schieck, A. Penn, D. S. Fraser, and T. Jones, "Instrumenting the City: Developing Methods for Observing and Understanding the Digital Cityscape.," in *Ubicomp* (P. Dourish and A. Friday, eds.), vol. 4206 of *Lecture Notes in Computer Science*, pp. 315–332, Springer, 2006.
- [25] K. Wöber, "Similarities in Information Search of City Break Travelers - A Web Usage Mining Exercise.," in *ENTER* (M. Sigala, L. Mich, and J. Murphy, eds.), pp. 77–86, Springer, 2007.
- [26] A. P. MARCHANTE, A. L. MELCÓN, F. Q. PEREIRA, and P. V. CASTEJON., "Rfid farm to fork. trazabilidad alimentaria mediante nuevas tecnologías.," tech. rep., Universidad Politécnica de Cartagena, 2011.
- [27] D. Fisher, "Hotmap: Looking at Geographic Attention," *Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 13, no. 6, pp. 1184–1191, 2007.

- [28] D. J. Patterson, X. Ding, S. J. Kaufman, K. Liu, and A. Zaldivar, "An Ecosystem for Learning and Using Sensor-Driven IM Status Messages," *IEEE Pervasive Computing*, vol. 8, pp. 42–49, 2009.
- [29] M. H. Shimabukuro, V. M. A. Branco, *et al.*, "Visual exploration of spatio temporal databases," tech. rep., 2010.
- [30] N. Zapata, "Aplicación de los Sistemas de Información Geográficos en la región de la Paz," tech. rep., Proyecto PROA, 2008.
- [31] A. Chantre, "Metodología de Trazabilidad para la Captura de Información del Perfil del Turista.," tech. rep., Universidad Rey Juan Carlos, 2011. Versión preliminar Tesis de Doctorado.
- [32] J. Foley and B. Ribarsky, "Next-Generation Data Visualization Tools," in *Scientific Visualization Advances and Challenges*, Academic Press, 1994.
- [33] J. Aglamisis and R. R. Breu, "Teoría y Comportamiento Organizacional," tech. rep., Universidad Nacional de Buenos Aires, Facultados de Ciencias Sociales, 2004.
- [34] G. A. Ricardo, "Series Cronológicas, Curso de Especialización en Procesos Estadísticos Aplicados," tech. rep., Coruniversitaria, Ibagué, Colombia, 1996.
- [35] G. Mordecki, S. Altmark, F. Santiñaque, and A. Risso, "Proyección de los turistas Argentinos y Brasileños en Uruguay con modelos SARIMA," *IECON*, p. 14, 2011.
- [36] C.-L. Chang, S. Sriboonchitta, and A. Wiboonpongse, "Modelling and forecasting tourism from East Asia to Thailand under temporal and spatial aggregation," *Math. Comput. Simul.*, vol. 79, pp. 1730–1744, Jan. 2009.
- [37] J. C. Canales, "Representación y Aprendizaje de Conocimiento con Redes de Petri Difusas," tech. rep., CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL, 2005.
- [38] A. A. Pouyan, A. H. Beigi, and M. Kadkhoda, "An agent-based model for virtual tourism using object Petri nets," in *Proceedings of the 5th WSEAS International Conference on Circuits, Systems, Electronics, Control & Signal Processing, CSECS'06*, (Stevens Point, Wisconsin, USA), pp. 149–154, World Scientific and Engineering Academy and Society (WSEAS), 2006.
- [39] S. Banerjee, M. Chis, and G. Dangayach, "Developing an Adaptive Learning Based Tourism Information System Using Ant Colony Metaphor," in *Computational Intelligence for Technology Enhanced Learning*, vol. 273 of *Studies in Computational Intelligence*, pp. 59–77, Springer Berlin / Heidelberg, 2010. 10.1007/978-3-642-11224-9₃.

- [40] M. Y. H. Sanchez, “Aportes al proceso administrativo del proyecto de trazabilidad para el sistema de información turística del departamento del Cauca como iniciativa piloto,” tech. rep., Universidad del Cauca, 2011.
- [41] U. del Cauca, “Informe Final de Operación proyecto Trazabilidad Turística,” tech. rep., Universidad del Cauca, 2011.
- [42] U. del Cauca, “Documentación Técnica, Sistema Base de Trazabilidad Turística,” tech. rep., Universidad del Cauca, agosto, 2011.
- [43] K. Chapman, I. Dees, A. Gentle, S. McDonald, N. Plunkett, and T. Toivio, “Openstreetmap,” tech. rep., Discovering collaborative mapping, 2011.
- [44] “Google Maps API,” tech. rep., google, 2010.
- [45] D. Julie Fox, Ph, “Maps an Apps,” tech. rep., The Ohio State University, 2010.
- [46] bing community, “A Guide to Bing Maps,” tech. rep., bing, 2011.
- [47] usr code, “Ajax,” tech. rep., usr, 2010.
- [48] J. C. Xia, P. Zeepongsekul, and C. Arrowsmith, “Modelling spatio-temporal movement of tourists using finite Markov chains,” *Math. Comput. Simul.*, vol. 79, pp. 1544–1553, January 2009.
- [49] J. L. Devore, *Probability and statistics for engineering and the sciences*. (International Student Edition), Australia [etc] : Wadsworth Publishing, 2004.
- [50] E. M. Moral, “Introducción al SPSS, manejo y procesamiento básico de datos básico en SPSS,” tech. rep., Universidad Autónoma de Madrid,, 2010.
- [51] F. y. G. L. Hillier, *Investigación de Operaciones*. México D. F, 2006.
- [52] W. J. Stewart, *Introduction to the numerical solution of Markov chains*. Princeton University Press, 1994.
- [53] V. Díaz, *Aplicación de las cadenas de Markov en la determinación de circuitos turísticos del Perú*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Facultad de Ciencias e Ingeniería. Mención : Ingeniería Industrial, 2010.
- [54] W. Winston, *Investigación de operaciones: aplicaciones y algoritmos*. Thomson, 2005.

Anexo A

Circular No. 1. Convocatoria



Secretaría de Planeación Departamental
Gobernación del Cauca



CIRCULAR No. 1

PARA: HOTELES, RESTAURANTES, AGENCIAS DE VIAJES, MUSEOS E INSTITUCIONES DE APOYO AL SECTOR TURISTICO.

DE: GOBERNACION DEL CAUCA

ASUNTO: SOCIALIZACION PROYECTO TRAZABILIDAD TURISTICA.

FECHA: Jueves 24 de marzo de 2011 – **HORA:** 03:00 PM.

LUGAR: AUDITORIO EMPRESARIAL – CAMARA DE COMERCIO DEL CAUCA

La Mesa Departamental de Turismo en cabeza de la Gobernación del Cauca, convoca a todos los prestadores de servicios turísticos y entidades de apoyo del sector, a participar en la socialización de proyecto " Sistema de Trazabilidad Turística para el departamento del Cauca a modo de prueba piloto".

La agenda a tratar en la citada fecha es la siguiente:

1. Presentación del proyecto: en qué consiste y cómo funciona.
2. Identificación de los beneficios que trae a los participantes el vincularse al proyecto y cómo pueden hacerse partícipes de la iniciativa.
3. Discutir a manera de foro las inquietudes de los participantes.
4. Los candidatos que estén interesados en participar de la propuesta y sus beneficios, deberán inscribirse y luego de la convocatoria presentar sus propuestas con nombre completo del gerente, administrador o propietarios del establecimiento que desee vincularse.

Atentamente,


JAIME AUGUSTO BURBANO CASTILLO
Coordinador Departamental de Turismo
Secretaría de Planeación Departamental

Calle 4, Carrera 7 Esquina - Popayán.

Teléfono: 8244515 – splaneacion@cauca.gov.co

"Arriba el Cauca"

Anexo B

Establecimientos asociados al proyecto

Eventos

EXPOCAUCA 2011. 20 AÑOS
 Colegio INEM. Tel: 8239980.
BENEFICIO: Descuento de \$500 al valor del ticket de entrada para dos personas, todos los días durante los 7 días de la exposición.

Ecodestinos

SENDERO ECOLOGICO SENDAGUA
 Colegio Centro Pedagógico Agropecuario de Tulla, Píndamo-Cauca. Cel: 3148614979 – 3116098934
BENEFICIO: Descuento especial.

CANOPY LAS ARDILLAS
 Vereda la Martica, Timblo- Cauca. Tel: 8305555. Cel: 3108297188.
BENEFICIO: Utilizar cualquiera de los atractivos unitarios canopy muro, puentes colgantes, neumatino, sendero, piscina, sauna. Descuento del 20% sobre la tarifa plena. En los combos descuento del 10%. Zona de camping 5% de descuento.
NOTA: No incluye gastronomía.

FINCA POSADA EL AGRADO
 Vereda el Ato, Municipio de Timblo-Cauca. Tel: 8234484. Cel: 3113152064.
BENEFICIO: 10% de descuento para hospedaje en tarifa plena.

LOS GUADUALES ESTADERO
 Vereda la Cabuyera-Vía a Cali, Kilometro 6, Popayán-Cauca. Cel: 3148808552.
BENEFICIO: 10% de descuento sobre tarifa plena en hospedaje y sendero ecológico.

ECOPARQUE RAYOS DE SOL
 Norte de Popayán, Cruceiro al parque Arqueológico de Tierra Adentro 500 mts de la panamericana. Vereda Cabuyera. Popayán- Cauca. Tel: 8245065. Cel: 3007874195 – 3104605183.
BENEFICIO: 20% de descuento sobre tarifa plena en sendero ecológico.

GRANJA INTEGRAL MAMA LOMBRIZ
 Vereda Río blanco a 2 Kilómetros de la Panamericana vía el Tablón, Popayán- Cauca. Cel: 3164828655-3155837139.
BENEFICIO: 20% de descuento en la tarifa plena en Ingreso.

FINCA LA CLAUDIA
 Vereda el Túnel, Sobre la carretera Panamericana, Cajibío- Cauca. Tel: 8241080. Cel: 3113010959
BENEFICIO: 10% de descuento sobre tarifa plena en hospedaje y sendero ecológico.

ECOGUJAN.
 Viajes y turismo ecológico. John Jairo Ordóñez Delgado, gerente. Cel: 3206377557.
BENEFICIO: Descuento especial del 10% en las tarifas generales para grupos que contraten todos los servicios en los distintos recorridos y un descuento de \$5000 en paquetes promocionales.

Apoyan



visita

www.tarjetaturistacauca.com

Presenta tu Tarjeta Turista en



Comercios

CENTRO COMERCIAL CAMPANARIO.
Carrera 9 # 24AN-21. Tel: 8323081. E-mail: mercadeo@campanariatopopayan.com
BENEFICIO: Llévate un libro bolsillo coleccionable por compras superiores a \$ 100.000 acumulables (máximo 3 facturas).

Establecimientos de Alojamiento y Hospedaje

HOTEL DAINN MONASTERIO Calle 4 # 10-14. Tel: 8242191
BENEFICIO: Consultar beneficio directamente en el hotel.

CONFORT SUITES HOTEL Carrera 8 # 2N 25 barrio Modelo. Tel: 8231680
BENEFICIO: Consultar beneficio directamente en el hotel.

HOTEL ALCAYATA COLONIAL Calle 4 # 7-79. Tel: 8220462
BENEFICIO: 30% de descuento sobre la tarifa noct.

HOTEL LA ALCAYATA Calle 4 # 10-35. Tel: 8243228
BENEFICIO: 30% de descuento sobre la tarifa noct.

HOSTAL CRISTAL PLAZA Carrera 9 # 6N 19. Tel: 8235376-8368750
BENEFICIO: Consultar beneficio directamente en el hotel.

GRAN HOTEL POPAYAN Carrera 7# 2-48. TEL: 8222229
BENEFICIO: 10 % de descuento sobre la tarifa.

HOTEL VALLE DE PUBENZA Transversal 9# # 1N 353. Tel: 8235905
BENEFICIO: Consultar beneficio directamente en el hotel.

HOTEL PUERTA DEL SOL Calle 4N # 9A 21 vía al aeropuerto. Tel: 8239814-8314343
BENEFICIO: 10% de descuento en todas las tarifas

HOTEL TORRELUZ PLAZA Calle 5 # 21-60. Tel: 8394004. Cel: 3127881029
BENEFICIO: Consultar beneficio directamente en el hotel.

HOTEL SORATAMA Calle # 5-47. Tel: 8305171
BENEFICIO: Consultar beneficio directamente en el hotel.

HOTEL LO BALCONES Calle 12 # 2-10. Silvia-Cauca. Tel: 3154774217.
BENEFICIO: Tarifa 2x1 (personas), temporada baja. No aplica puentes festivos, ni temporada alta.

HOTEL Y RESTAURANTE LA PARRILLA Carrera 3 # 10-122.Silvia-Cauca. TEL: 8251026
BENEFICIO: Consultar beneficio directamente en el hotel.

Museos

MUSEO CASA MOSQUERA
Calle 3 # 5-14. Tel: 8209800-ext 1128-29- 8240683- Cel: 3173001028.
BENEFICIO: 50% de descuento en la boleta de entrada.

CASA MUSEO NEGRET & MUSEO IBEROAMERICANO DE ARTE MODERNO DE POPAYÁN MIAMP.
Calle 5 # 10-23. Tel: 8244546. Cel: 3108402983
BENEFICIO: 50% de descuento en la boleta de entrada.

MUSEO GUILLERMO LEÓN VALENCIA
Calle 5 # 9-32. Tel: 8241555. Cel: 3155782913
BENEFICIO: Entrada gratuita.

MUSEO DE HISTORIA NATURAL UNIVERSIDAD DEL CAUCA
Calle 2 # 1A-25. Tel: 8209800 Ext. 2640-2626-2620
BENEFICIO: Reclame obsequio.

MUSEO NACIONAL GUILLERMO VALENCIA.
Carrera 6 # 2-69. Tel: 8296190
BENEFICIO: Entrada gratuita.

Gastronomía

LOS QUINGOS RESTAURANTE TÍPICO
Calle 4 # 0-13. Tel: 8367152. Cel: 3217259846.
BENEFICIO: Descuento en menú y platos a la carta.

JENGIBRE RESTAURANTE Y CAFETERIA
Carrera 7 # 2-38. Tel: 8205456.
BENEFICIO: \$500 de descuento en menú del día y 10% en platos a la carta.

PIKE "EL SABOR DEL AJÍ"
Carrera 9 # 4BN-27 Bloques Pubenza. Cel: 3137339504.
BENEFICIO: 10% de descuento sobre el total de consumo.

APLANCHADOS DOÑA CHEPA "LOS ORIGINALES"
Carrera 5 # 1-40. Tel: 8244679-8239345.
BENEFICIO: 10% de descuento en todos los productos de marca Doña Chepa.

RESTAURANTE Y PIZZERIA EL RECUERDO
Carrera 6 # 16AN 23. Tel: 8233156.
BENEFICIO: 5 % de descuento en carta, restaurante y pizzeria

WIPALA GALERIA CAFÉ - BAR
Carrera 2 # 2-38 La Pamba. Popayán-Cauca. Tel: 8243649. Cel: 3154377944.
BENEFICIO: Gratis un vaso de hervido sureño.

Artesanías

EL TALLER DE ESPERANZA POLANCO
Calle 4 # 10-21 (Frente al Hotel Monasterio). Tel: 8244588.
BENEFICIO: Por la compra reclama souvenir.

MISCELANEA LA TORRE DEL SOLEJ
Calle 5 # 7-29.
BENEFICIO: 5 % de descuento en todas las artesanías.

CORSEDA
Puntos de venta:
Feria Manos de Oro (todos los días semana santa)
Expocauca (todos los días semana santa)
Almacén: Carrera 9 # 68N - 04 (Hasta el miércoles santo)- Tel: 8248671
BENEFICIO: Obsequio por compras superiores a \$100.000.

KATAR MARROQUINERÍA FINA
Carrera 4 # 6-72 Centro. Tel: 8318151. Cel: 3104276873.
BENEFICIO: 15% de descuento en cualquier compra y obsequio por compras superiores a \$70.000.

TENNIS PISAHUEVOS PINTADOS A MANO.
Puesto G-21, Artesanías frente a los bomberos.
BENEFICIO: 10% de descuento por la compra de dos panes.

Artesanías Rincón Payanes

CAFÉ LA NIGUA. Local 03. Cel: 3012186495
BENEFICIO: 10% de descuento en compras iguales o mayores a \$20.000.

CERAMICATIERRA Y FUEGO. Local 04. Cel: 3144697103. Rincón
BENEFICIO: 15% de descuento.

DULCES Y LICORES DEL CAUCA. Local 05.
BENEFICIO: Souvenir por compras iguales o mayores a \$20.000

ARTESANÍAS DENNIS. Local 06. Cel: 3154154178.
BENEFICIO: 10% de descuento.

ARTE Y FUEGO. Local 07. Cel: 3006169505.
BENEFICIO: 10% de descuento.

ANTHERA ACCESORIOS. Carpa 1B
BENEFICIO: 10% de descuento.

MUNECAS DETRAPO. Carpa 2. Cel: 3113704817
BENEFICIO: Souvenir por compras iguales o mayores a \$10.000.

MANJACA - MANJARES DEL CAUCA. Carpa 10. Cel: 3167418164.
BENEFICIO: Souvenir por compras iguales o mayores a \$10.000.

Anexo C

Clasificación de los PATs

PAT Normal

- Hotel Valle de Pubenza
- Hotel Puerta del Sol
- Hotel Torre Luz Plaza
- Hotel Soratama
- Hotel Los Balcones
- Hotel y Restaurante La Parrilla
- Los Quingos Restaurante Típico
- Jengibre Restaurante y Cafetería
- Pike El Sabor del Ají
- Aplanchados Doña Chepa
- Restaurante y Pizzería El Recuerdo
- Wipala Galería Café-Bar
- Miscelánea La Torre del Reloj
- Corseda Manos de Oro
- Corseda ExpoCauca
- Corseda
- Tennis Pisahuevo pintados a mano

- El Taller de Esperanza Polanco
 - Katar Marroquinería Fina
 - Café La Nigua
 - Cerámicas Tierra y Fuego
 - Dulces y Licores del Cauca
 - Artesanías Dennis
 - Expocauca
 - Sendero ecológico Sendagua
 - Cannopy y las Ardillas
 - Finca Posada El Agrado
 - Los Guaduales Estadero
 - Ecoparques Rayos de Sol
 - Granja Integral Mama Lombriz
 - Finca La Claudia
 - Ecoquian
 - Arte y Fuego
 - Anthera Accesorios
 - Muñecas de Trapo
 - Manjaca. Manjares del Cauca
 - Hecho a Mano
- PAT Con Privilegios
- Cámara de Comercio del Cauca
 - Policía de Turismo. Terminal
 - Policía de Turismo. Aeropuerto
 - Campanario
 - Hotel Dann Monasterio

- Confort Suites Hotel
 - Hotel Alcayata Colonial
 - Hotel La Alcayata
 - Hotel Cristal Plaza
 - Gran Hotel de Popayán
 - Licorera del Cauca
 - Museo Casa Mosquera
 - Museo Guillermo León Valencia
 - Museo Nacional Guillermo Valencia
 - Museo Negret y MIAMP
 - Museo Arquidiocesano de Arte Religioso
 - Museo de Historia Natural
- PAT Administrador
- Universidad del Cauca
 - Gobernación del Cauca

Anexo D

Imágenes de soporte en el proyecto de trazabilidad turística













Anexo E

Estadísticas. resultados del proyecto “Sistema Piloto de Trazabilidad Turística”

Puntos de Recepción de Tarjeta

- 1 centro comercial
- 12 Hospedajes
- 5 Museos
- 6 Gastronomía
- 5 Artesanías
- 8 Rincón Payanes
- 1 Evento
- 8 EcoDestinos

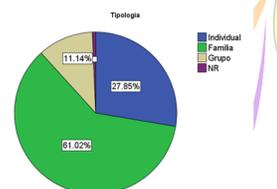
47 establecimientos

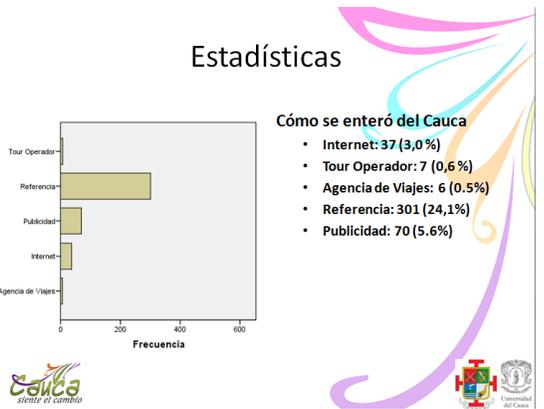
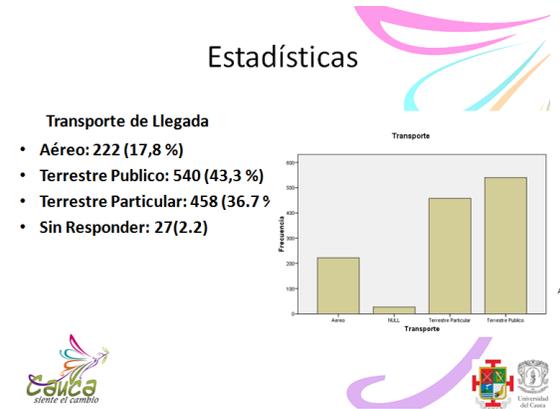
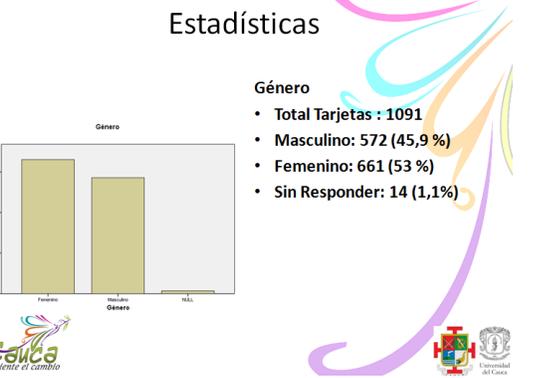
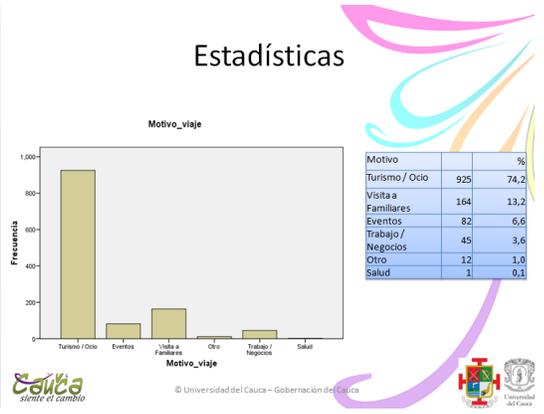
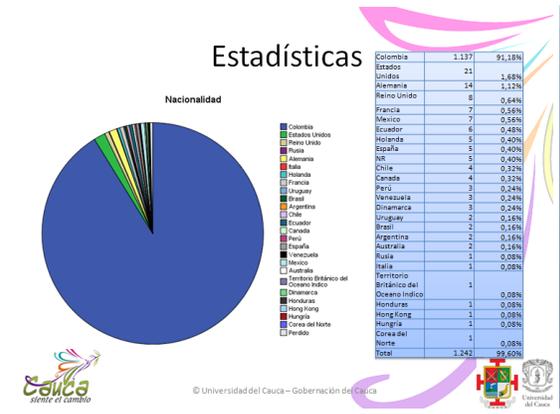


Estadísticas

Tipología

- Total Tarjetas : 1247
- Individual: 347 (27.7 %)
- Familia: 756 (60.6%)
- Grupo: 127 (11.1%)
- Sin Responder: 8 (0.6%)





Registrados

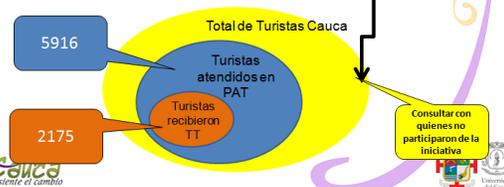
Registrados	Individual: 347 (27.7%)	x1	347
• Turistas con Tarjeta: 1247	Familia: 756 (60.6%)	x 2.25*	1701
	Grupo: 127 (11.1%)	x 1	127
	TOTAL		2175

* se presumía que las familias podían obtener más de una TT pero en la práctica fue una por familia.



Valores Finales por Alcance

- La zona sur de Popayán
- Los Tour Operadores
- La mayor parte de los hoteles



Anexo F

Tabla de referencia Chi Cuadrado

P = Probabilidad de encontrar un valor mayor o igual que el chi cuadrado tabulado, v = Grados de Libertad

v/p	0,001	0,0025	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
1	10,8274	9,1404	7,8794	6,6349	5,0239	3,8415	2,7055	2,0722	1,6424	1,3233	1,0742	0,8735	0,7083	0,5707	0,4549
2	13,8150	11,9827	10,5965	9,2104	7,3778	5,9915	4,6052	3,7942	3,2189	2,7726	2,4079	2,0996	1,8326	1,5970	1,3863
3	16,2660	14,3202	12,8381	11,3449	9,3484	7,8147	6,2514	5,3170	4,6416	4,1083	3,6649	3,2831	2,9462	2,6430	2,3660
4	18,4662	16,4238	14,8602	13,2767	11,1433	9,4877	7,7794	6,7449	5,9886	5,3853	4,8774	4,4377	4,0446	3,6871	3,3567
5	20,5147	18,3854	16,7496	15,0863	12,8325	11,0705	9,2363	8,1152	7,2893	6,6257	6,0644	5,5731	5,1319	4,7278	4,3515
6	22,4575	20,2491	18,5475	16,8119	14,4494	12,5916	10,6446	9,4461	8,5581	7,8408	7,2311	6,6948	6,2108	5,7652	5,3481
7	24,3113	22,0402	20,2777	18,4753	16,0128	14,0671	12,0170	10,7479	9,8032	9,0371	8,3834	7,8061	7,2832	6,8000	6,3458
8	26,1139	23,7742	21,9549	20,0902	17,5345	15,5073	13,3616	12,0271	11,0301	10,2189	9,5245	8,9094	8,3505	7,8325	7,3441
9	27,8767	25,4625	23,5893	21,6660	19,0228	16,9190	14,8837	13,2880	12,4241	11,5887	10,8564	10,0060	9,4136	8,8632	8,3428
10	29,5979	27,1119	25,1881	23,2063	20,4832	18,3070	15,9872	14,5339	13,4470	12,5489	11,7907	11,0771	10,4732	9,8922	9,3418
11	31,2685	28,7291	26,7569	24,7250	21,9200	19,6752	17,2750	15,7671	14,6314	13,7007	12,8987	12,1836	11,5298	10,9199	10,3410
12	32,9092	30,3182	28,2997	26,2170	23,3367	21,0261	18,5493	16,9893	15,8170	14,8454	14,0111	13,2661	12,5838	11,9463	11,3403
13	34,5274	31,8830	29,8193	27,6882	24,7356	22,4620	19,8119	18,2020	16,9848	15,9839	15,1187	14,3451	13,6356	12,9717	12,3398
14	36,1239	33,4262	31,3194	29,1412	26,1189	23,8648	21,0641	19,4062	18,1508	17,1169	16,2221	15,4209	14,6853	13,9961	13,3393
15	37,6978	34,9494	32,8015	30,5780	27,4884	24,9958	22,3071	20,6030	19,3107	18,2451	17,3217	16,4940	15,7332	15,0197	14,3389
16	39,2518	36,4555	34,2671	31,9999	28,8453	26,2962	23,5418	21,7931	20,4651	19,3689	18,4179	17,5646	16,7795	16,0425	15,3385
17	40,7911	37,9462	35,7184	33,4087	30,1910	27,5871	24,7690	22,9770	21,6146	20,4887	19,5110	18,6330	17,8244	17,0646	16,3382
18	42,3119	39,4220	37,1564	34,8052	31,5264	28,8693	25,9894	24,1555	22,7595	21,6049	20,6014	19,6993	18,8679	18,0660	17,3379
19	43,8194	40,8847	38,5821	36,1908	32,8523	30,1435	27,2036	25,2389	23,9004	22,7178	21,6891	20,7638	19,9102	19,1069	18,3376
20	45,3142	42,3358	39,9969	37,5663	34,1696	31,4104	28,4120	26,4976	25,0375	23,8277	22,7745	21,8265	20,9514	20,1172	19,3374
21	46,7963	43,7749	41,4009	38,9322	35,4789	32,6706	29,6151	27,6620	26,1711	24,9348	23,8578	22,8876	21,9915	21,1470	20,3372
22	48,2676	45,2041	42,7957	40,2894	36,7807	33,9245	30,8133	28,8224	27,3015	26,0393	24,9390	23,9473	23,0307	22,1663	21,3370
23	49,7276	46,6231	44,1814	41,6383	38,0756	35,1725	32,0069	29,9792	28,4288	27,1413	26,0184	25,0055	24,0689	23,1852	22,3369
24	51,1790	48,0336	45,5584	42,9798	39,3641	36,4150	33,1325	29,5533	28,2412	27,0960	26,0625	25,1064	24,2037	23,3367	
25	52,6187	49,4351	46,9380	44,3140	40,6465	37,6525	34,3916	32,2825	30,0752	29,3388	28,1719	27,1183	26,1430	25,2218	24,3366
26	54,0511	50,8291	48,2898	45,6416	41,9231	38,8851	35,6632	33,4295	31,7946	30,4346	29,2463	28,1730	27,1789	26,2395	25,3365
27	55,4751	52,2152	49,6450	46,9628	43,1945	40,1183	36,7412	34,5736	32,9117	31,5284	30,3193	29,2266	28,2141	27,2569	26,3363
28	56,8918	53,5939	50,9936	48,2782	44,4608	41,3372	37,9159	35,7150	34,0266	32,6205	31,3909	30,2791	29,2486	28,2740	27,3362
29	58,3006	54,9662	52,3355	49,5878	45,7223	42,5569	39,0875	36,8538	35,1394	33,7109	32,4612	31,3308	30,2825	29,2908	28,3361

W/P	0.001	0.0025	0.005	0.01	0.025	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5
30	59.7022	56.3325	53.0719	50.8922	46.9792	43.7730	40.2560	37.9902	36.2502	34.7997	33.5302	32.3815	31.3159	30.3073	29.3360
31	61.0980	57.6921	54.5025	52.1914	48.2319	44.9853	41.4217	39.1244	37.3591	35.8871	34.5391	33.4314	32.3486	31.2735	30.3359
32	62.4873	59.0461	56.2380	53.4857	49.4804	46.1942	42.5847	40.2563	38.4663	36.9730	35.6649	34.4804	33.3809	32.3304	31.3359
33	63.8694	60.3953	57.6483	54.7754	50.7251	47.3999	43.7452	41.3861	39.5718	38.0575	36.7307	35.5287	34.4126	33.3551	32.3358
34	65.2471	61.7382	58.9637	56.0609	51.9660	48.6024	44.9032	42.5140	40.7556	39.1408	37.7954	36.5763	35.4438	34.3706	33.3557
35	66.6192	63.0760	60.2746	57.3420	53.2033	49.8018	46.0588	43.6399	41.7790	40.2228	38.8348	37.6231	36.4746	35.3858	34.3356
36	67.9850	64.4097	61.5811	58.6192	54.4373	50.9985	47.2122	44.7641	42.8788	41.3036	39.9220	38.6693	37.5049	36.4008	35.3356
37	69.3476	65.7384	62.8832	59.8926	55.6690	52.1923	48.3634	45.8864	43.9792	42.3833	40.9839	39.7148	38.5348	37.4156	36.3355
38	70.7039	67.0628	64.1812	61.1620	56.8955	53.3835	49.5126	47.0072	45.0763	43.4619	42.0450	40.7597	39.5643	38.4302	37.3354
39	72.0550	68.3830	65.4753	62.4281	58.1201	54.5722	50.6598	48.1263	46.1730	44.5395	43.1053	41.8040	40.5935	39.4446	38.3354
40	73.4029	69.6987	66.7600	63.6908	59.3417	55.7585	51.8050	49.2438	47.2685	45.6100	44.1649	42.8477	41.6222	40.4589	39.3353
41	74.7469	71.0097	67.9999	64.9379	60.5477	56.9277	53.0000	50.4000	48.3999	46.7333	45.2333	43.9667	42.7333	41.3333	40.2333
42	76.0876	72.3176	69.2444	66.1811	61.7402	58.0811	54.1666	51.5000	49.5833	47.8667	46.3667	44.5000	43.6667	42.0000	41.1333
43	77.4250	73.6219	70.4944	67.4311	62.9377	59.2722	55.3333	52.6667	50.7667	49.0000	47.5000	45.1333	44.3333	42.6667	41.8333
44	78.7591	74.9226	71.7411	68.6800	63.1311	60.4667	56.5000	53.8333	51.9000	50.1333	48.6667	46.2667	45.0000	43.3333	42.5333
45	80.0900	76.2199	72.9844	69.9256	64.3211	61.6556	57.6667	55.0000	53.0000	51.2667	49.8333	47.4000	45.8333	44.0000	43.4333
46	81.4177	77.5137	74.1733	71.1700	65.5099	62.8444	58.8333	56.1667	54.1667	52.4000	50.9667	48.5667	46.6667	44.8333	43.5333
47	82.7422	78.8040	75.3589	72.3611	66.6989	64.0333	60.0000	57.3333	55.3333	53.5667	51.1333	49.7000	47.5000	45.6667	44.6333
48	84.0635	80.0911	76.5411	73.5489	67.8833	65.2222	61.1667	58.5000	56.5000	54.7333	52.3000	50.8333	48.3333	46.5000	45.4333
49	85.3811	81.3750	77.7211	74.7333	69.0667	66.4099	62.3556	59.6667	57.6667	55.9000	53.4667	51.9667	49.1667	47.3333	46.2333
50	86.6956	82.6556	78.9000	75.9167	70.2500	67.5911	63.5444	60.8333	58.8333	57.0667	54.6000	53.1000	50.3333	48.1667	47.0333
51	88.0069	83.9333	80.0778	77.1000	71.4333	68.7667	64.7333	62.0000	59.9667	58.2000	55.7333	54.2333	51.5000	49.0000	47.7333
52	89.3144	85.2078	81.2500	78.2833	72.6167	69.9500	65.9167	63.1667	61.1333	59.3333	56.8667	55.3667	52.6667	50.1667	48.4333
53	90.6183	86.4789	82.4222	79.4667	73.8000	71.1333	67.1000	64.3000	62.3000	60.5000	58.0000	56.5000	53.8333	51.3333	49.1333
54	91.9188	87.7461	83.5911	80.6500	74.9833	72.2833	68.2833	65.4667	63.4667	61.6667	59.1667	57.6667	54.9667	52.4667	49.8333
55	93.2150	89.0099	84.7556	81.8333	76.1556	73.4667	69.4667	66.6333	64.6333	62.8333	60.3333	58.8333	56.1333	53.6333	50.5333
56	94.5077	90.2700	85.9167	83.0167	77.3333	74.6500	70.6500	67.8000	65.8000	64.0000	61.5000	59.9667	57.3333	54.8333	51.2333
57	95.7966	91.5267	87.0833	84.1999	78.5099	75.8333	71.8333	69.0000	67.0000	65.1667	62.6667	61.1333	58.5000	55.9667	51.9333
58	97.0817	92.7799	88.2500	85.3833	79.6944	77.0167	73.0167	70.1667	68.1667	66.3333	63.8333	62.3000	59.6667	57.1667	52.6333
59	98.3633	94.0289	89.4333	86.5667	80.8833	78.2000	74.2000	71.3333	69.3333	67.5000	65.0000	63.4667	60.8333	58.3333	53.3333
60	99.6411	95.2733	90.6167	87.7500	82.0778	79.3833	75.3833	72.5000	70.5000	68.6667	66.1667	64.1333	61.5000	59.0000	54.0333
61	100.9156	96.5133	91.8000	88.9333	83.2722	80.5667	76.5667	73.6667	71.6667	69.8333	67.3333	64.8000	62.1667	60.1667	54.7333
62	102.1867	97.7489	92.9833	90.1167	84.4611	81.7500	77.7500	74.8333	72.8333	71.0000	68.5000	65.4667	62.8333	60.8333	55.4333
63	103.4544	98.9800	94.1667	91.3000	85.6500	82.9333	78.9333	76.0000	74.0000	72.1667	69.6667	66.1333	63.5000	61.5000	56.1333
64	104.7188	100.2078	95.3500	92.4833	86.8333	84.1167	80.1167	77.1667	75.3333	73.3333	70.8333	66.8000	64.1667	62.1667	56.8333
65	105.9800	101.4311	96.5333	93.6667	88.0167	85.3000	81.3000	78.3333	76.5000	74.5000	72.0000	67.4667	64.8333	62.8333	57.5333
66	107.2378	102.6500	97.7167	94.8500	89.2000	86.4833	82.4833	79.5000	77.6667	75.6667	73.1667	68.1333	65.5000	63.5000	58.2333
67	108.4911	103.8656	98.9000	96.0333	90.3833	87.6667	83.6667	80.6667	78.8333	76.8333	74.3333	68.8000	66.1667	64.1667	58.9333
68	109.7400	105.0778	100.0833	97.2167	91.5667	88.8500	84.8500	81.8333	79.9667	78.0000	75.5000	69.4667	66.8333	64.8333	59.6333
69	110.9856	106.2867	101.2833	98.4000	92.7500	89.0333	86.0333	83.0000	81.1667	79.3333	76.6667	70.1333	67.5000	65.5000	60.3333
70	112.2278	107.4911	102.4833	99.5833	93.9333	90.2167	87.2167	84.1667	82.3333	80.5000	77.8333	70.8000	68.1667	66.1667	61.0333
71	113.4667	108.6911	103.6833	100.7667	95.1167	91.4000	88.4000	85.3333	83.5000	81.6667	79.0000	71.5000	68.8333	66.8333	61.7333
72	114.7022	109.8867	104.8833	101.9667	96.3000	92.5833	89.5833	86.5000	84.6667	82.8333	80.1667	72.1667	69.5000	67.5000	62.4333
73	115.9333	111.0778	106.0833	103.1667	97.4833	93.7667	90.7667	87.6667	85.8333	84.0000	81.3333	72.8333	70.1667	68.1667	63.1333
74	117.1600	112.2644	107.2778	104.3667	98.6778	94.9500	91.9500	88.8333	87.0000	85.1667	82.5000	73.5000	70.8333	68.8333	63.8333
75	118.3833	113.4478	108.4722	105.5667	99.8667	96.1333	93.1333	90.0000	88.1667	86.3333	83.6667	74.1667	71.5000	69.5000	64.5333
76	119.6033	114.6278	109.6667	106.7667	101.0667	97.3167	94.3167	91.1667	89.3333	87.5000	84.8333	74.8333	72.1667	70.1667	65.2333
77	120.8188	115.8033	110.8667	107.9667	102.2500	98.5000	95.5000	92.3333	90.5000	88.6667	86.0000	75.5000	72.8333	70.8333	65.9333
78	122.0300	116.9750	112.0500	109.1667	103.4333	99.6833	96.6833	93.5000	91.6667	89.8333	87.1667	76.1667	73.5000	71.5000	66.6333
79	123.2378	118.1422	113.2444	110.3667	104.6167	100.8667	97.8667	94.6667	92.8333	90.9667	88.3333	76.8333	74.1667	72.1667	67.3333
80	124.4411	119.3067	114.4333	111.5667	105.8000	102.0500	99.0500	95.8333	93.9667	92.0000	89.5000	77.5000	74.8333	72.8333	68.0333
81	125.6411	120.4667	115.6333	112.7667	107.0000	103.2333	100.2333	97.0000	95.0000	93.1667	90.6667	78.1667	75.5000	73.5000	68.7333
82	126.8378	121.6222	116.8333	113.9667	108.1667	104.4167	101.4167	98.1667	96.1667	94.3333	91.8333	78.8333	76.1667	74.1667	69.4333
83	128.0300	122.7750	118.0000	115.1667	109.3333	105.6000	102.6000	99.3333	97.3333	95.5000	93.0000	79.5000	76.8333	74.8333	70.1333
84	129.2188	123.9256	119.1667	116.3667	110.5000	106.7833	103.7833	100.5000	98.5000	96.6667	94.1667	80.1667	77.5000	75.5000	70.8333
85	130.4033	125.0722	120.3333	117.5667	111.6667	107.9667	104.9667	101.6667	99.6667	97.8333	95.3333	80.8333	78.1667	76.1667	71.5333
86	131.5833	126.2156	121.5000	118.7667	112.8333	109.1500	106.1500	102.8333	100.8333	99.0000	96.5000	81.5000	78.8333	76.8333	72.2333
87	132.7589	127.3556	122.6667	119.9667	114.0000	110.3333	107.3333	104.0000	102.0000	100.1667	97.6667	82.1667	79.5000	77.5000	72.9333
88	133.9300	128.4911	123.8333	121.1667	115.1667	111.5000	108.5000	105.1667	103.1667	101.3333	98.8333	82.8333	80.1667	78.1667	73.6333
89	135.0967	129.6222	125.0000	122.3667	116.3333	112.6667	109.6667	106.3333	104.3333	102.5000	100.0000	83.5000	80.8333	78.8333	74.3333
90	136.2589	130.7500	126.1667	123.5667	117.5000	113.8333	110.8333	107.5000	105.5000	103.6667	101.1667	84.1667	81.5000	79.5000	75.0333
91	137.4167	131.8750	127.3333	124.7667	118.6667	115.0000	112.0000	108.6667	106.6667	104.8333	102.3333	84.8333	82.1667	80.1667	75.7333
92	138.5722	132.9967	128.5000	125.9667	119.										

Anexo G

Cadenas de Markov

G.1. Cadenas de markov

Para dar inicio al tema de las Cadenas de Markov, se define en primera instancia que es un Proceso Estocástico.

G.1.1. Procesos estocásticos

Se presenta un Proceso estocástico¹ cuando se estudia el comportamiento de una variable aleatoria a lo largo del tiempo, o en el caso en que se intenta ajustar un modelo teórico que permita hacer predicciones del comportamiento en un futuro de un proceso.

Se define proceso estocástico como una colección indexada de variables aleatorias X_t , donde t toma variables de un conjunto T dado. Siendo T el conjunto de enteros no negativos y X_t representa una característica de interés mensurable en el tiempo t [51].

De esta manera el proceso puede estar en una de las $s+1$ categorías mutuamente excluyentes conocidos también como estados. La variable aleatoria X_t hace referencia al estado del proceso en el tiempo t . De esta forma, los procesos estocásticos $X_t = X_0, X_1, X_2, \dots$ proporcionan una representación matemática (modelo matemático) de cómo evolucionará la condición del proceso real a través del tiempo [51].

Tipos de Procesos Estocásticos

Procesos Estocásticos Discretos en el Tiempo: aquel en el que la variable puede cambiar de valor en cualquier instante de tiempo fijo.

Procesos Estocásticos Continuos en el Tiempo: aquel en el que la variable puede cambiar o evolucionan de manera continua en el tiempo.

¹La palabra estocástico se deriva del griego “stochazesthai”, que significa apuntar a un objetivo (“stochos”)

Procesos Estocásticos de Variable Discreta: aquel en el que la variable sólo puede tomar determinados valores discretos.

Procesos Estocásticos de Variable Continua: aquel en el que la variable puede tomar cualquier valor de la recta real

G.1.2. Cadenas de markov

Las cadenas de markov, que recibe su nombre del matemático ruso Andrei Markov, es un proceso estocástico discreto en el tiempo, por tanto, representa un sistema que varía su estado a lo largo del tiempo, siendo cada cambio una transición en el sistema. Las cadenas de markov son modelos probabilísticos para predecir la evolución y el comportamiento en el futuro de determinados sistemas.

Una cadena de markov, es una serie de eventos, en la cual la probabilidad de que ocurra un evento depende del evento inmediato anterior, las cadenas de este tipo tienen memoria “Recuerdan” el último evento y esto condiciona las posibilidades de los eventos futuros. Esta dependencia del evento anterior distingue a las cadenas de markov de las series de eventos independientes.

Se define una cadena de markov como un proceso estocástico $(X_t)_{t \in T}$ si cumple la siguiente propiedad G.1, llamada propiedad Markoviana[52]. Dada una secuencia de variables aleatorias X_1, X_2, X_3, \dots tales que el valor de X_n es el estado del proceso en el tiempo n . Si la distribución de probabilidad condicional de X_{t+1} en estados pasados es una función de X_t por sí sola, entonces:

$$P(X_{t+1} = x_{t+1} / X_t = x_t, X_{t-1} = x_{t-1}, \dots, X_2 = x_2, X_1 = x_1) = P(X_{t+1} = x_{t+1} / X_t = x_t) \quad (\text{G.1})$$

La propiedad markoviana indica que la distribución de probabilidad de un estado en tiempo futuro x_{t+1} depende sólo del estado actual x_t y no de los estados de tiempo pasado $x_{t-1}, x_{t-2}, \dots, x_1, x_0$ por los que pasa el proceso.

Cuando $T = 1, 2, 3, \dots$, se establece la probabilidad condicional

$$P(X_{t+1} = j / X_t = i) = P(X_1 = j / X_0 = i) = p_{ij} \dots \quad (\text{G.2})$$

Para $i, j \in S$, donde S es el conjunto de estados, la ecuación es independiente de t .

De la ecuación G.1 el cambio de estado i (en el tiempo t) al estado j (en el tiempo $t+1$) de un periodo a otro se le conoce como transición de iaj , y la probabilidad de que esta transición ocurra es P_{ij} , llamándose así como probabilidad de transición (o de un paso) en la cadena de markov. Al supuesto anterior se le conoce como supuesto estacionario debido a que la ley de probabilidad de transición que relaciona un estado actual (tiempo t) con el estado futuro (tiempo $t+1$) no cambia con el tiempo, es decir, permanece estacionario. Por lo cual, toda Cadena de Markov que cumpla con dicho supuesto estacionario se le conoce como Cadena de

Markov Estacionaria [53].

La ley de distribución de las probabilidades de transición (o de un paso) en una cadena de markov de S estados se representa en una matriz que se denota P de orden $s \times s$ llamada Matriz de Probabilidad de Transición P

$$P = \begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1s} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2s} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ P_{s1} & P_{s2} & \dots & P_{ss} \end{pmatrix}$$

La matriz de probabilidad de transiciones cumple las siguientes propiedades:

(i) P_{ij} de la matriz de probabilidad de transición P , representa la probabilidad de transición del estado i (fila j) al estado j (columna j).

(ii) $p_{ij} \geq 0$ para todos $i, j \in S$

(iii) $\sum_{j=1}^s P(X_{t+1} = j / X_t = i) = \sum_{j=1}^s P_{ij} = 1$

Observación Si las matrices $A = [a_{ij}]$ y $B = [b_{ij}]$ son matrices estocásticas, entonces $C = A * B$ es también estocástica. Por multiplicación de matrices se tiene

$$C = [c_{ij}] = [a_{ij}] * [b_{ij}] = \sum_{k=1}^m a_{ik} b_{kj}$$

de este modo

$$\sum_{j=1}^m C_{ij} = \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^m a_{ik} b_{kj} = \sum_{k=1}^m a_{ik} \sum_{j=1}^m b_{kj}$$

Una consecuencia es que cualquier potencia de la matriz T es también una matriz estocástica: T_n

$P_{ij}^{(n)}$ se define como la Probabilidad de Transición Estacionaria de n pasos, refiriéndose así a la probabilidad de que en una cadena se encuentre en el estado i en un tiempo t y n periodos después de que la cadena se encuentre en el estado j .

Se denota $p_{ij}^{(n)}$ como:

$$P(X_{t+n} = j / X_t = i) = P(X_n = j / X_0 = i) = P_{ij}^{(n)} \quad (\text{G.3})$$

Si $n = 1$ en la ecuación G.3, esta se reduce a $P_{ij}^{(1)} = P_{ij}$ equivalente a la ecuación G.1

Notación:

$$1\text{paso} : P_{ij} = P(X_{t+1} = j / X_t = i) \quad (\text{G.4})$$

$$n \text{ pasos} : P_{ij}^{(n)} = P(X_{t+n} = j / X_t = i) \quad (\text{G.5})$$

de esta manera $P_{ij}^{(n)}$ es el (ij) elemento de la matriz

$$P_n = P \times P \times P \dots \times P \quad (\text{G.6})$$

que se obtiene al multiplicar la matriz P por si misma n veces.

Distribución de Probabilidad Inicial Se define la probabilidad de distribución inicial para una cadena de markov como el vector

$$q_i = [q_1, q_2, q_3 \dots] = q \quad (\text{G.7})$$

Donde q_i es la probabilidad de que la cadena de Markov se encuentre en el estado i en el tiempo 0, de esta manera $q_i = P X_0 = i, q_i$.

Dada la probabilidad inicial, se determina la probabilidad de llegar al estado j en el tiempo n en la ecuación G.8, de la cual se infiere que la probabilidad de estar en un estado j es dada sin necesidad de conocer el estado en el cual da inicio.

$$P. \text{de estado } j \text{ en tiempo } n = \sum_{i=1}^s q_i * P_{ij}^n = q * (\text{columna de } j \text{ en } P^n) \quad (\text{G.8})$$

G.1.3. Clasificación de estados. Cadena de markov

En el libro: Investigación de operaciones: aplicaciones y algoritmos [54], presenta los diferentes tipos de estados y definiciones como:

- “Dados los estados i y j , una trayectoria de i a j es una secuencia de transacciones que comienzan en i y terminan en j , tal que cada transacción en la secuencia tiene una probabilidad positiva de ocurrir.”
- “Un estado j es alcanzable desde el estado i si hay una trayectoria que conduzca de i a j .”
- “Se dice que dos estados i y j se comunican si j es alcanzable desde i , e i es alcanzable desde j .”
- “Un conjunto de estados S en una cadena de Markov es un conjunto cerrado si ningún estado fuera de S es alcanzable desde algún estado en S .”
- “Un estado i es un estado absorbente si $p_{ii} = 1$ ”
- “Un estado i es un estado transitorio si existe un estado j que es alcanzable desde i , pero el estado i no es alcanzable desde el estado j .”

- “Si un estado no es transitorio, se llama recurrente”
- “Un estado i es periódico con periodo $k > 1$ si k es el número más pequeño tal que las trayectorias que conducen del estado i de regreso al estado i tienen una longitud que es un múltiplo de k . Si un estado recurrente no es periódico, se conoce como aperiódico.”
- “Si los estados en una cadena son recurrentes, aperiódicos y se comunican entre sí, se dice que la cadena es ergódica”

G.1.4. Cadenas de markov absorbente

Una cadena de markov que consta de estados transitorios y absorbentes (un estado es absorbente si $p_{ii} = 1$) se la define como Cadena de Markov Absorbente, de esta manera la cadena de markov absorbente se encuentra en un estado transitorio inicial para pasar luego a un estado absorbente y terminar así toda posible transición entre estados diferentes.

De esta manera en el vector de estado absorbente, la línea de la matriz de transición correspondiente a las probabilidades de transición de dicho estado constará de un 1 en la diagonal principal y ceros en los demás elementos

Para ilustrar Una cadena de Markov absorbente que contiene p estados transitorios y q estados absorbentes la cadena P se representa como matriz canónica del proceso de la siguiente manera:

$$P = \begin{pmatrix} I & O \\ Q & M \end{pmatrix}$$

I: matriz identidad de dimensión q

O: matriz nula de dimensión $q \times p$

Q: matriz de dimensión $p \times q$ que contiene las probabilidades de paso de estados transitorios a absorbentes.

M: matriz $p \times p$ con las probabilidades de los estados transitorios a estados transitorios.

