



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**APLICACIÓN DE TEORÍA DE COLAS EN LA CADENA DE SUMINISTROS  
PARA EL MONTAJE EFICIENTE DE PROYECTOS DE TELEFONÍA EN LA  
EMPRESA SOPORTE ARQUITECTÓNICO, S. A.**

**Juan Armando Caal Cruz**

Asesorado por el Ing. Víctor Hugo García Roque

Guatemala, febrero de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**APLICACIÓN DE TEORÍA DE COLAS EN LA CADENA DE SUMINISTROS  
PARA EL MONTAJE EFICIENTE DE PROYECTOS DE TELEFONÍA EN LA  
EMPRESA SOPORTE ARQUITECTÓNICO, S. A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**JUAN ARMANDO CAAL CRUZ**

ASESORADO POR EL ING. VÍCTOR HUGO GARCÍA ROQUE

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, FEBRERO DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

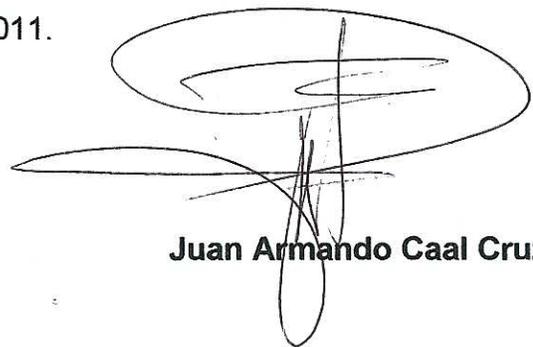
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Nora Leonor García Tobar
EXAMINADOR	Ing. Alberto Hernández García
EXAMINADORA	Inga. Priscila Yohana Sandoval Barrios
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **APLICACIÓN DE TEORÍA DE COLAS EN LA CADENA DE SUMINISTROS PARA EL MONTAJE EFICIENTE DE PROYECTOS DE TELEFONÍA EN LA EMPRESA SOPORTE ARQUITECTÓNICO, S. A.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, el 01 de agosto de 2011.

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and lines, positioned above the printed name.

**Juan Armando Caal Cruz**

Guatemala 25 de marzo de 2012

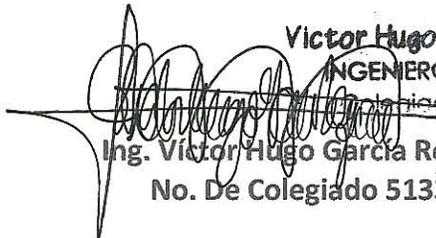
**Ingeniero:**  
**César Ernesto Urquizú,**  
**Director de Escuela,**  
**Ingeniería Mecánica Industrial**  
**Universidad de San Carlos de Guatemala.**

Estimado Ingeniero:

Por medio de la presente le comunico que el trabajo de graduación del alumno **Juan Armando Caal Cruz**, Carné 1989 16429, con título **APLICACIÓN DE TEORIA DE COLAS EN LA CADENA DE SUMINISTROS PARA EL MONTAJE EFICIENTE DE PROYECTOS DE TELEFONÍA EN LA EMPRESA SOPORTE ARQUITECTONICO, S.A.** fue asesorado y revisado por mi persona y cumple con los requisitos solicitados por, lo que sugiero su aprobación.

Agradeciendo el apoyo,

Atentamente,

  
**Victor Hugo Garcia Roque**  
**INGENIERO INDUSTRIAL**  
**No. De Colegiado No. 5133**  
**Ing. Victor Hugo Garcia Roque**  
**No. De Colegiado 5133**



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **APLICACIÓN DE TEORIA DE COLAS EN LA CADENA DE SUMINISTROS PARA EL MONTAJE EFICIENTE DE PROYECTOS DE TELEFONIA EN LA EMPRESA SOPORTE ARQUITECTÓNICO, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Juan Armando Caal Cruz**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

x  
Ing. Byron Gerardo Chocooj Barrientos.  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, noviembre de 2012.

*Byron Gerardo Chocooj*  
INGENIERO INDUSTRIAL  
COLEGIADO 4,509

/mgp



REF.DIR.EMI.016.014

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE COLAS EN LA CADENA DE SUMINISTROS PARA EL MONTAJE EFICIENTE DE PROYECTOS DE TELEFONÍA EN LA EMPRESA SOPORTE ARQUITECTÓNICO, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Juan Armando Caal Cruz**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

  
Ing. César Ernesto Urquizú Rodas  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, febrero de 2014.

/mjp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **APLICACIÓN DE TEORÍA DE COLAS EN LA CADENA DE SUMINISTROS PARA EL MONTAJE EFICIENTE DE PROYECTOS DE TELEFONÍA EN LA EMPRESA SOPORTE ARQUITECTÓNICO, S.A.**, presentado por el estudiante universitario: **Juan Armando Caal Cruz**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano

Guatemala, febrero de 2014



/cc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por darme la bendición de la vida y poder alcanzar esta meta y por darme la oportunidad de disfrutarlo con mi familia.
<b>Mi madre</b>	Por ser el pilar más importante en mi vida y gracias a ella quiero ser el hombre de bien que siempre quiso, gracias por su amor incondicional y desvelos, gracias mamá.
<b>Mi padre</b>	Por sus consejos, sacrificios y darme el ejemplo para ser perseverante en la vida y luchar por mis metas, gracias papá.
<b>Mis hermanas</b>	Por todo el apoyo recibido, espero que Dios los guie para alcanzar todas las metas que se propongan.
<b>Mi familia</b>	A mis tíos, tías, primos y primas por todo el cariño recibido.
<b>Mis hijos</b>	Con todo mi amor.
<b>Mis amigos</b>	Por su amistad incondicional.
<b>Mi asesor</b>	Por su orientación a lo largo del desarrollo del presente trabajo.

## ÍNDICE GENERAL

INDICE DE ILUSTRACIONES .....	VII
GLOSARIO .....	VII
RESUMEN.....	IX
OBJETIVOS .....	XI
INTRODUCCIÓN.....	XIII
1. ANTECEDENTES .....	1
1.1. Soporte arquitectónico.....	1
1.1.1. Generalidades.....	1
1.1.2. Estructura .....	1
1.1.3. Historia .....	2
1.1.4. Misión .....	2
1.1.5. Visión.....	2
1.1.6. Organigrama.....	3
1.1.7. Objetivos organizacionales.....	4
1.1.8. Servicios que ofrece .....	4
2. SITUACIÓN ACTUAL DEL SERVICIO .....	5
2.1. Registros de proyectos .....	5
2.1.1. Tiempos de proyectos.....	5
2.2. Tipos de proyectos .....	6
2.2.1. Clasificación de proyectos .....	6
2.2.2. Explicación de tipos de proyectos .....	7
2.3. Características del sistema.....	9

2.3.1.	Distribución de materiales de proyectos ciudad capital.....	9
2.3.2.	Distribución de materiales de proyectos departamentales.....	20
2.3.3.	Tiempos de entrega de materiales .....	22
2.4.	Análisis de Causas y Efectos .....	23
2.4.1.	Identificación del problema central .....	23
2.4.2.	Identificación de las causas.....	24
2.4.3.	Identificación de los efectos.....	24
3.	ANÁLISIS Y SELECCIÓN DEL SISTEMA DE TEORÍA DE COLAS.....	25
3.1.	Muestra .....	25
3.1.1.	Determinar la población.....	26
3.1.2.	Análisis de modelos para determinar la muestra ...	26
3.1.3.	Selección del modelo .....	27
3.2.	Cálculo de la muestra.....	29
3.2.1.	Recopilación de datos .....	30
3.2.2.	Cantidad de proyectos que llegan .....	32
3.2.3.	Cantidad y tipo de materiales a entregar .....	32
3.2.4.	Cantidad de materiales en la cola.....	32
3.2.5.	Tiempo promedio para entrega de materiales .....	32
3.2.6.	Tiempo promedio para finalizar el proyecto .....	33
3.2.7.	Identificación del tipo de modelo.....	36
3.2.8.	Características del modelo .....	36
3.2.9.	Restricciones del modelo.....	37
3.2.10.	Consideraciones del modelo .....	37
3.3.	Análisis de resultados .....	38
3.3.1.	Selección del modelo .....	39
3.4.	Descripción del modelo propuesto .....	40

4.	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO.....	41
4.1.	Descripción del programa de implementación .....	41
4.1.1.	Alcance del sistema propuesto .....	41
4.2.	Integración .....	43
4.2.1.	Definir proyectos que utilizará el sistema .....	43
4.2.2.	Distribución de materiales.....	44
4.2.3.	Determinar cantidad de materiales en la cola .....	44
4.2.4.	Determinar tiempo real de entrega de materiales... 45	
4.2.5.	Tiempo real de finalización del proyecto .....	46
4.2.6.	Determinar el porcentaje de desperdicio.....	47
4.2.7.	Determinar rentabilidad del proyecto.....	47
5.	SEGUIMIENTO.....	49
5.1.	Análisis del sistema implementado .....	49
5.1.1.	Determinar el tiempo real para entrega de materiales .....	50
5.1.2.	Determinar el tiempo real de finalización del proyecto .....	53
5.1.3.	Determinar el porcentaje real de desperdicio .....	56
5.1.4.	Determinar la rentabilidad real del proyecto .....	57
5.2.	Identificar las variaciones.....	58
5.2.1.	Tiempo de entrega de materiales.....	58
5.2.2.	Tiempo de finalización de proyectos .....	59
5.2.3.	Porcentaje de desperdicio.....	59
5.2.4.	Rentabilidad del proyecto.....	61
5.3.	Realizar ajustes en el sistema .....	62

6.	MEDIO AMBIENTE .....	63
6.1.	Permisos municipales .....	63
6.2.	Construcción en áreas especiales.....	66
6.2.1.	Área forestal .....	67
6.2.2.	Área rural.....	69
6.2.3.	Lugares turísticos. ....	70
6.2.4.	Áreas protegidas .....	78
6.3.	Impactos medio ambiente etapa de construcción.....	80
6.3.1.	Caminos .....	81
6.3.2.	Suelos .....	82
6.3.3.	Excavaciones .....	83
6.4.	Manejo de desperdicios .....	90
6.4.1.	Desperdicios sólidos.....	94
	CONCLUSIONES .....	101
	RECOMENDACIONES .....	105
	BIBLIOGRAFÍA.....	107
	ANEXOS .....	109

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Organigrama.....	3
2.	Diagrama de la recepción de los materiales.....	22
3.	Diagrama de Causas y Efectos.....	23
4.	Probabilidad de K llegadas por unidad de tiempo .....	29
5.	Diagrama de la recepción del material .....	34
6.	Representación gráfica del modelo de inventario determinístico que no permite déficit.....	38
7.	Diagrama de pedido de materiales .....	51
8.	Diagrama del uso de material .....	52
9.	Diagrama del material comprado .....	53

### TABLAS

I.	Complejidad / costo de análisis.....	27
II.	Integración .....	43
III.	Zona de vida representadas .....	79
IV.	Descripción en porcentaje de los biomas representados en el SIGAP.....	80



## **GLOSARIO**

<b>Cliente</b>	Es todo individuo de la población potencial que solicita servicio como por ejemplo una lista de trabajo esperando para imprimirse.
<b>Capacidad de la cola</b>	Es el máximo número de clientes que pueden estar haciendo cola (antes de comenzar a ser servidos). De nuevo, puede suponerse finita o infinita.
<b>Disciplina de la cola</b>	La disciplina de la cola se refiere al orden en el que se seleccionan sus miembros para recibir el servicio.
<b>Mecanismo de servicio</b>	El mecanismo de servicio consiste en una o más instalaciones de servicio, cada una de ellas con uno o más canales paralelos de servicio, llamados servidores.
<b>Población potencial</b>	Una característica de la fuente de entrada es su tamaño. El tamaño es el número total de clientes que pueden requerir servicio en determinado momento. Puede suponerse que el tamaño es infinito o finito.



## **RESUMEN**

El presente trabajo de graduación enfocado en el análisis de la aplicación de teoría de colas en los proyectos de telefonía de la empresa Soporte Arquitectónico, S. A., contiene 6 capítulos, los cuales permitirán al lector comprender la metodología de trabajo actual así como las áreas de oportunidad que existen dentro de la organización en la distribución de materiales a los diferentes proyectos que se trabajan en todo el país.

Por medio del texto se pretende brindar una guía a la organización para implementar dicho modelo con el soporte técnico necesario que permita conocer los diferentes modelos de teoría de colas.

Inicialmente se presenta la estructura de la organización definiendo las principales actividades que desarrolla cada área, se continúa explicando la situación actual y los serios inconvenientes que se presentan en el día a día para entregar los materiales en el tiempo que se requiere.

Posteriormente se presenta el marco conceptual que permite conocer los diferentes métodos de teoría de colas para que la empresa seleccione el que mejor se adapta a las necesidades actuales.

En los capítulos siguientes se explican la forma de llevar a cabo la implementación y seguimiento correspondiente del modelo seleccionado que permita optimizar el proceso de distribución actual.

Se finaliza con un capítulo dedicado a los diferentes aspectos ambientales que se deben de tomar en consideración en la construcción de los diferentes proyectos de telefonía que ejecuta la empresa Soporte Arquitectónico, S. A.

# OBJETIVOS

## General

Aplicar un modelo de teoría de colas para la distribución de insumos en los proyectos de telefonía de la empresa Soporte Arquitectónico, S. A. que permita mejorar la rentabilidad.

## Específicos

1. Realizar un estudio que permita determinar cuál es la situación actual de la empresa, clasificando los proyectos actuales de acuerdo a la tipología definida para este efecto.
2. Determinar las causas que pueden ocasionar baja rentabilidad en la cadena de suministro de los materiales en los proyectos de telefonía.
3. Analizar los diferentes tipos de modelos de teoría de colas para identificar el modelo que se adapta mejor a este tipo de proyectos.



## INTRODUCCIÓN

La empresa realiza el montaje de toda la obra civil para las torres de telefonía, se encarga de realizar la excavación, preparar el terreno, realizar la fundición y todo lo que corresponde a electricidad, construyen la caseta en donde se realiza el montaje del equipo electrónico y finalmente se realiza el cerramiento con malla de todo el terreno.

El tema considerado es la aplicación de un modelo de teoría de colas en el montaje de los proyectos de telefonía, enfocada en la distribución de los recursos, actualmente se trabajan de forma simultánea en diferentes partes del país: Quetzaltenango, Huehuetenango, Cobán.

La empresa envía los insumos, block, hierro, cemento, arena, piedrín, malla, para estos proyectos la demanda es muy variable por lo que se debe contar con un sistema que optimice los recursos para cualquier eventualidad que se presente, teniendo la cantidad adecuada de tal manera que se minimicen los costos y se cumplan con los tiempos establecidos.

Soporte Arquitectónico S. A., es una empresa que inició operaciones en 1997 apoyando arquitectos e ingenieros ofreciendo soluciones en las áreas correspondientes, 3 años después amplía sus operaciones para proyectos llave en mano enfocados principalmente en proyectos de telefonía. En el ambiente socioeconómico actual altamente competitivo y complejo, los métodos tradicionales de toma de decisiones se han vuelto relativamente inoperantes ya que los responsables de dirigir las actividades de las empresas e instituciones

se enfrentan a situaciones complicadas y dinámicas, que requieren de soluciones creativas y prácticas apoyadas en una base cuantitativa sólida.

# **1. ANTECEDENTES**

## **1.1. Soporte arquitectónico**

Para desarrollar la infraestructura que permita brindar una cobertura amplia de servicios, estas empresas subcontratan empresas que se encargan de la construcción de esta infraestructura, la cual incluye toda la obra civil necesaria para el montaje de torres y la estructura necesaria para colocar el equipo electrónico.

### **1.1.1. Generalidades**

En Guatemala las empresas que brindan servicios de telefonía representan un sector importante para el desarrollo económico del país ofreciendo servicios a nivel nacional.

### **1.1.2. Estructura**

La empresa tiene una estructura organizacional dirigida por un gerente general, con 4 grandes divisiones: administración, operaciones, proyectos residenciales y proyectos de telefonía.

En administración se encuentra todos los temas relacionados con el apoyo hacia las diferentes áreas: pagos a proveedores, recursos humanos, planillas.

En operaciones se realizan todas las actividades que permiten el desarrollo eficiente de los proyectos personal operativo, materiales y transporte. Proyectos residenciales, aquí se tienen todos los proyectos relacionados con vivienda, mobiliario y diseño residencial. Proyectos telefonía, estos proyectos son el tema principal de este estudio en donde se encontrarán los proyectos de todo el país, locales y departamentales que incluyen la parte de diseño, planificación y montaje final.

### **1.1.3. Historia**

Soporte Arquitectónico Sociedad Anónima, es una empresa que inició operaciones en 1997 apoyando arquitectos e ingenieros dedicados a la industria de la construcción.

En el término de tres años amplió sus servicios para convertirse en una empresa constructora de proyectos llave en mano, atendiendo desde entonces a diversos sectores tales como: vivienda, oficina, edificios educativos públicos, edificios religiosos y proyectos de telefonía móvil celular.

### **1.1.4. Misión**

“Ofrecer al mercado latinoamericano de la construcción servicios de ejecución de proyectos llave en mano en el ámbito de la telefonía institucional y vivienda, facilitando todas las condiciones que permitan diseñar, programar, coordinar y ejecutar los proyectos con total apego a los precios y tiempos ofrecidos.”

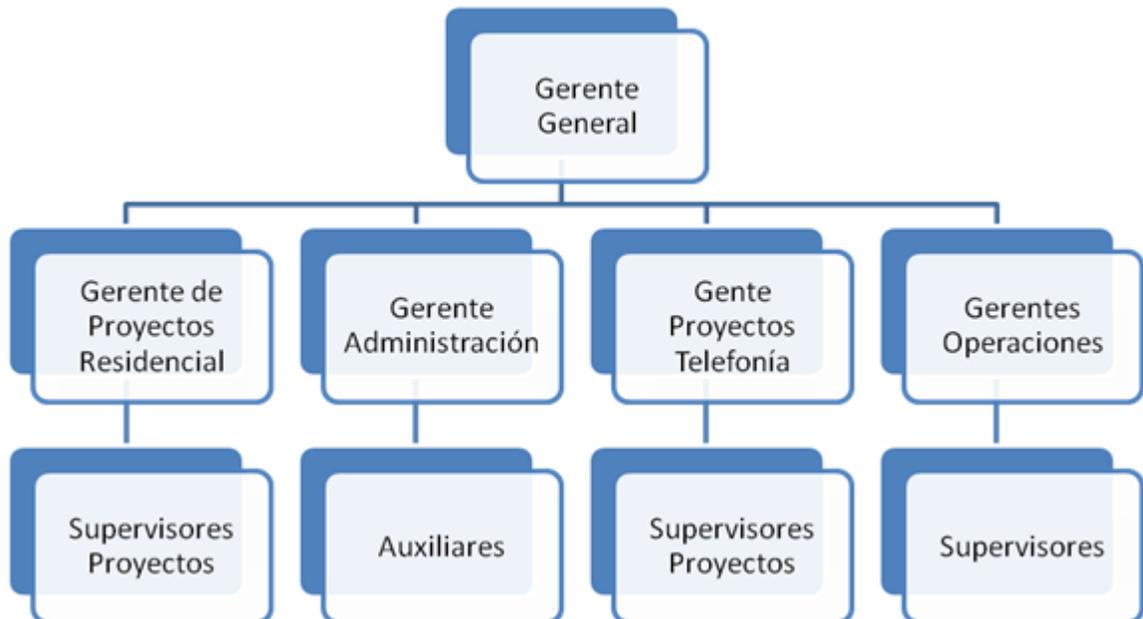
### 1.1.5. Visión

“Convertir a Soporte Arquitectónico Sociedad Anónima, en una empresa con cobertura de servicios en distintos países de América Latina, homogenizando sus estándares de calidad, sin limitación por las condiciones específicas de cada país. Realizar alianzas estrategias con empresas locales que se desempeñen en cada país de manera eficiente.”

### 1.1.6. Organigrama

En el organigrama se muestra como debe estar conformada la empresa para que pueda tener un eficiente funcionamiento y que se alcancen los objetivos esperados.

Figura 1. Organigrama



Fuente: elaboración propia.

### **1.1.7. Objetivos organizacionales**

Convertirse en la empresa líder en Guatemala en proyectos de telefonía llave en mano.

En el término de 5 años expandir las operaciones a otros países de Latinoamérica

### **1.1.8. Servicios que ofrece**

Proyectos llave en mano

- Herrería
- Venta de materiales de construcción
- Renta de equipo y transporte
- Diseño de mobiliario e interiores

## **2. SITUACIÓN ACTUAL DEL SERVICIO**

### **2.1. Registros de proyectos**

Los registros principales que se estarán llevando, se calcularon en la empresa para que puedan ser funcionales para todo tipo de proyecto parecido.

#### **2.1.1. Tiempos de proyectos**

Es el conjunto de etapas y procesos que se realizan durante la existencia de un proyecto.

Etapas de preinversión (formulación y evaluación de proyectos):

En esta etapa se incluyen todos los estudios del proyecto desde la identificación de la idea o necesidad, preparación, hasta antes de la ejecución de las actividades planificadas. En esta etapa se debe realizar una evaluación llamada ex ante, la cual centra su interés en determinar la viabilidad del mismo, entendida esta como la posibilidad de ejecución. Se circunscribe a establecer la confiabilidad de la información, la metodología utilizada, la verificación de los cálculos realizados, la existencia de todos sus componentes, entre otros. La evaluación ex ante permite verificar si los componentes del estudio presentan una interrelación lógica y funcional.

La preinversión es la fase del proceso de decisiones en la economía que brinda los elementos necesarios para obtener un amplio criterio de racionalización en la asignación de los recursos; en la generación de los programas y proyectos de inversión debidamente jerarquizados y priorizados; y, en la formación y movilización del potencial humano para el manejo de recursos

Etapas de inversión

En esta fase se efectúan los gastos necesarios para poner en marcha el proyecto, considerándose cuatro aspectos: diseños administrativos y de ingeniería; realización de trámites legales y contratos; ejecución y promoción.

## **2.2. Tipos de proyectos**

Por el tipo de producto que entregan:

- De bienes: agrícolas, forestales, industriales, pesqueros, mineros, pecuarios.
- De servicios: se subdividen en proyectos de infraestructura social y física.

### **2.2.1. Clasificación de los tipos de proyectos**

Por su carácter:

Económicos (privados)

Son aquellos que producen bienes o servicios cuyo consumo tiene poco efecto sobre los demás y su apropiación es posible, como la ropa o los vehículos. Estos bienes pueden ser fácilmente provistos por el mercado. Los

proyectos privados se deben aceptar cuando incrementan los beneficios de la empresas (crean valor) y por lo tanto aumentan el patrimonio de los accionistas.

#### Sociales (públicos)

Son los que producen bienes o servicios sociales, y bienes o servicios preferentes, los bienes sociales no son apropiables y generan efectos positivos en gran parte de la comunidad, pueden ser intangibles como los conocimientos tecnológicos, científicos, la cultura, la seguridad social o la conservación del ambiente. Los bienes preferentes son apropiables, pero generan efectos positivos en los demás. Generalmente son provistos por el estado, entre ellos se pueden mencionar los alimentos, medicamentos, la educación, la salud, administración de justicia, etc.

### **2.2.2. Explicación de los tipos de proyectos**

#### Agropecuarios (agrícolas y pecuarios)

Son aquellos dedicados a la explotación del recurso agrícola y pecuario. Se pueden mencionar: granja avícola, cultivo y comercialización de cardamomo, etc.

#### Industriales

Son aquellos proyectos donde sufre un proceso de transformación la materia prima.

## Comerciales

Son los proyectos dedicados exclusivamente a la compra venta.

## Servicio

Son proyectos intangibles, pero producen bienestar a los consumidores, ejemplos: servicio de limpieza, correo, seguridad privada, etc.

## Infraestructura: social y física

Los proyectos de infraestructura social comprenden acueductos, alcantarillados, agua potable, educación, recreación, salud, etc. Los proyectos de infraestructura física incluyen aeropuertos, carreteras, comunicaciones, riego, electrificación, ferrocarriles, puertos, silos de almacenamiento, centros de abastecimiento, bodegas, etc.

## Turísticos

Son los proyectos que aprovechan los recursos naturales y culturales para generar divisas, entre ellos se pueden mencionar: parques arqueológicos, parques ecológicos, hoteles, renta autos, agencias de viajes, etc. especialmente los referentes a la medición de los ingresos de los proyectos.

## Independientes

Las inversiones son independientes cuando no guardan ninguna relación o dependencia económica entre sí.

Mutuamente excluyentes

Cuando por su propia naturaleza, sólo puede llevarse a la práctica una de ellas. La selección de una de las opciones, elimina todas las otras, ya que solamente una de ellas podrá realizarse.

### **2.3. Características del sistema**

Es una estructura de negocios y de organizaciones interdependientes que va desde el punto del origen del producto hasta el consumidor.

#### **2.3.1. Distribución de materiales proyectos ciudad capital**

Es necesario enviar todos los insumos, block, hierro, cemento, arena, piedrín, malla. Recurso humanos capacitado, a cada proyecto que se tenga en la ciudad, para no perder tiempo.

Un canal de distribución ejecuta el trabajo de desplazar los bienes de los productores a los consumidores. Salva las principales brechas de tiempo, espacio y posesión que separan los bienes y servicios de aquellos que los usen. Los integrantes del canal de distribución ejecutan un cierto número de funciones claves:

- Investigación: recabar información necesaria para planear y facilitar el intercambio.
- Promoción: crear y difundir mensajes persuasivos acerca del producto.
- Contacto: encontrar a compradores potenciales y comunicarse con ellos.

- Adaptación: modelar y ajustar el producto a las exigencias del consumidor. Para ello se necesitan actividades como fabricación, clasificación, montaje y empaque.
- Negociación: tratar de encontrar un precio mutuamente satisfactorio a fin de que se efectuó la transferencia de propiedad o posesión.
- Distribución física: transportar y almacenar los bienes.
- Financiamiento: obtener y usar los fondos para cubrir los costos de sus actividades.
- Aceptación de riesgos: correr el riesgo que supone realizar las funciones propias del canal de distribución.

Las cinco primeras funciones sirven para llevar a cabo las transacciones; las tres últimas, para completarlas.

#### Criterios para la selección del canal de distribución

Las decisiones sobre distribución deben ser tomadas con base en los objetivos y estrategias de mercadotecnia general de la empresa.

La mayoría de estas decisiones las toman los productores de artículos, quienes se guían por tres criterios gerenciales:

## La cobertura del mercado

En la selección del canal es importante considerar el tamaño y el valor del mercado potencial que se desea abastecer. Como ya se mencionó los intermediarios reducen la cantidad de transacciones que se necesita hacer para entrar en contacto con un mercado de determinado tamaño, pero es necesario tomar en cuenta las consecuencias de este hecho; por ejemplo, si un productor puede hacer cuatro contactos directos con los consumidores finales, pero hace contacto con cuatro minoristas quienes a su vez lo hace con consumidores finales el número total de contactos en el mercado habrá aumentado a dieciséis, lo cual indica cómo se han incrementado la cobertura del mercado con el uso de intermediarios.

## Control

Se utiliza para seleccionar el canal de distribución adecuado, es decir, es el control del producto. Cuando el producto sale de las manos del productor, se pierde el control debido a que pasa a ser propiedad del comprador y este puede hacer lo que quiere con el producto. Ello implica que se pueda dejar el producto en un almacén o que se presente en forma diferente en sus anaqueles. Por consiguiente es más conveniente usar un canal corto de distribución ya que proporciona un mayor control.

## Costos

La mayoría de los consumidores piensa que cuando más corto sea el canal, menor será el costo de distribución y, por lo tanto menor el precio que se deban pagar. Sin embargo, ha quedado demostrado que los intermediarios son especialistas y que realizan esta función de un modo más eficaz de lo que haría

un productor; por tanto, los costos de distribución son generalmente más bajos cuando se utilizan intermediarios en el canal de distribución.

De lo anterior se puede deducir que el utilizar un canal de distribución más corto da un resultado generalmente, una cobertura de mercado muy limitada, un control de los productos más alto y unos costos más elevados; por el contrario, un canal más largo da por resultado una cobertura más amplia, un menor control del producto y costos bajos.

Cuanto más económico parece un canal de distribución, menos posibilidades tiene de conflictos y rigidez. Al hacer la valoración de las alternativas se tiene que empezar por considerar sus consecuencias en las ventas, en los costos y en las utilidades. Las dos alternativas conocidas de canales de distribución son: la fuerza vendedora de la empresa y la agencia de ventas del productor. Como se sabe el mejor sistema es el que produce la mejor relación entre las ventas y los costos. Se empieza el análisis con un cálculo de las ventas que se realizan en cada sistema, ya que algunos costos dependen del nivel de las mismas.

#### Factores que afectan la selección del canal de distribución

Si una compañía está orientada a los consumidores, los hábitos de compra de estos regirán sus canales. La naturaleza del mercado habrá de ser el factor decisivo en la elección de canales por parte de los directivos. Otros factores son el producto, los intermediarios y la estructura de la compañía.

## Factores del mercado

Un punto lógico de partida consiste en estudiar el mercado meta: sus necesidades, su estructura y comportamiento de compra:

- A. Tipo de mercado: los consumidores finales se comportan en forma diferente a los usuarios industriales, se llega a ellos a través de otros canales de distribución.
- B. Número de compradores potenciales: un fabricante con pocos clientes potenciales puede usar su propia fuerza de ventas directamente a los consumidores o usuarios finales. Cuando hay muchos prospectos, al fabricante le gustaría servirse de los intermediarios.
- C. Concentración geográfica del mercado: cuando la mayor parte de los compradores potenciales están concentrados en unas cuantas regiones geográficas, conviene usar la venta directa. Cuando los consumidores están muy dispersos la venta directa resultaría impráctica por los costos tan altos de los viajes.
- D. Tamaño de pedidos: cuando el tamaño de los pedidos o el volumen total del negocio son grandes la distribución directa resultaría económica.

## Factores del producto

- Valor unitario: el precio fijado a cada unidad de un producto influye en la cantidad de fondos disponibles para la distribución.

- Carácter perecedero: algunos bienes, entre ellos, muchos productos agrícolas se deterioran físicamente con gran rapidez. Otros bienes, como la ropa, son perecederos en cuanto a la moda. Los productos perecederos requieren canales directos o muy cortos.
- Naturaleza técnica de un producto: un producto industrial muy técnico a menudo se distribuye directamente a los usuarios industriales. La fuerza de venta del fabricante debe de dar un servicio completo antes de la venta y después de ella. Los productos de consumo de naturaleza técnica plantean un verdadero reto de distribución a los fabricantes.

#### Factores de los intermediarios

- A. Servicios que dan los intermediarios: cada fabricante debería escoger intermediarios que ofrezcan los servicios de *marketing* que el no puede dar o le resultarían poco rentables.
- B. Disponibilidad de los intermediarios idóneos: tal vez no se disponga de los intermediarios que desea el fabricante. Es posible que vendan los productos rivales y por lo mismo, no querrán incorporar otra línea más.
- C. Actitudes de los intermediarios ante las políticas del fabricante: cuando los intermediarios no quieren unirse a un canal cuando piensan que las políticas del fabricante son inaceptables, y le quedan pocas opciones.

#### Factores de la compañía

Antes de seleccionar un canal de distribución para un producto, la empresa debería estudiar su propia situación.

- Deseo de controlar los canales: algunos fabricantes establecen canales directos porque quieren controlar la distribución de sus productos, a pesar de que un canal directo puede ser más caro que un indirecto. De este modo, logran una promoción más agresiva y están en mejores condiciones de controlar la frescura de la mercancía y los precios al menudeo.
- Servicios dados por el vendedor: algunos fabricantes toman decisiones respecto a sus canales basándose para ello en las funciones que los intermediarios desean de la distribución.
- Capacidad de los ejecutivos: la experiencia de, *marketing* y las capacidades gerenciales del fabricante influyen en las decisiones sobre que canal emplear.
- Recursos financieros: un negocio con recursos financieros podrá contratar su propia fuerza de venta, conceder crédito a los clientes y contar con almacenamiento para sus productos. En cambio una compañía con pocos recursos de este tipo usará intermediarios para prestar estos servicios.

#### Importancia de los canales de distribución

Las decisiones sobre los canales de distribución dan a los productos los beneficios del lugar y los beneficios del tiempo al consumidor.

El beneficio de lugar se refiere al hecho de llevar un producto cerca del consumidor para que este no tenga que recorrer grandes distancias para obtenerlo y satisfacer así una necesidad. El beneficio de lugar se puede ver

desde dos puntos de vista: el primero considera los productos cuya compra se favorece cuando están muy cerca del consumidor, el cual no está dispuesto a realizar un gran esfuerzo por obtenerlos. El segundo punto de vista considera los productos exclusivos, los cuales deben encontrarse solo en ciertos lugares para no perder su carácter de exclusividad; en este caso, el consumidor está dispuesto a realizar algún esfuerzo, mayor o menor grado, para obtenerlo según el producto que se trate.

El beneficio de tiempo es consecuencia del anterior ya que si no existe el beneficio de lugar, tampoco este puede darse. Consiste en llevar un producto al consumidor en el momento más adecuado. Hay productos que deben estar al alcance del consumidor en un momento después del cual la compra no se realiza; otros han de ser buscados algún tiempo para que procuren una mayor satisfacción al consumidor.

Principales canales de distribución

Distribución de los bienes de consumo

- Canal directo (productor - consumidor): el canal más breve y simple para distribuir bienes de consumo y no incluye intermediarios.
- Canal mayorista (productor- mayorista- detallista- consumidor): único canal tradicional para los bienes de consumo. (central abastos)

## Distribución de los bienes industriales

- Canal directo (productor - usuario industrial): representa el volumen de ingresos más altos en los productores industriales que cualquier otra estructura de distribución. (Fabricantes e instalaciones como torres para telefonía móvil).
- Distribuidor industrial (productor - distribuidor industrial - usuario industrial): los fabricantes de suministros de operación y de pequeño equipo accesorio frecuentemente recurren a los distribuidores industriales para llegar a sus mercados. (Fabricante de materiales de construcción).
- Canal agente/intermediario (productor-agente-usuario industrial): es un canal de gran utilidad para las compañías que no tienen su departamento de ventas (si una empresa quiere introducir un producto o entrar a un mercado nuevo tal vez prefiera usar agentes y no su propia fuerza de ventas).
- Canal agente/intermediario - distribuidor industrial (productor - agente - distribuidor industrial - usuario industrial): se emplea cuando no es posible vender al usuario industrial directamente a través de los agentes. La venta unitaria puede ser demasiado pequeña para una venta directa o quizás se necesita inventario descentralizado para abastecer rápidamente a los usuarios.

## Distribución de servicios

- Productor - consumidor: dada la intangibilidad de los servicios, el proceso de producción y la actividad de venta requiere a menudo un contacto personal entre el productor y el consumidor, por lo tanto, se emplea un canal directo. (Atención médica, corte de pelo).
- Productor - agente - consumidor: no siempre se requiere el contacto entre el productor y el consumidor en las actividades de distribución. Los agentes asisten al productor de servicios en la transferencia de la propiedad u otras funciones conexas. (Agencia de viajes, alojamiento).

## Canales múltiples de distribución

Muchos productores no se contentan con un solo canal de distribución. Por el contrario, debido a razones como lograr una cobertura amplia del mercado o no depender totalmente de una sola estructura, se sirven de canales múltiples de distribución.

Los canales múltiples a veces son denominados distribución dual, se emplean en situaciones bien definidas. Un fabricante tendrá que usar los canales múltiples para llegar a diferentes tipos de mercado cuando vende:

Los canales múltiples también sirven para llegar a diferentes segmentos de un mismo mercado cuando:

- El tamaño de los compradores varía mucho (agencia de viajes - oficina - consumidor final).
- La concentración geográfica difiere entre las partes del mercado.

Celebrado un contrato restrictivo. Se piensa que estos contratos infringen las leyes antimonopólicas. Se dan 2 excepciones. Pueden ser legales cuando:

Negativa a distribuir, con tal de seleccionar sus canales, un productor posiblemente se niegue a vendérselos.

Política de territorio exclusivo, el productor exige a todos los intermediarios vender únicamente a clientes situados dentro del territorio asignado. Se dictaminó que los territorios exclusivos de venta son ilegales, porque disminuyen la competencia y limitan el comercio. Los tribunales trataron de estimular la competencia entre los intermediarios que manejaban la misma marca.

Los territorios exclusivos pueden permitirse cuando:

- Una compañía es pequeña o acaba de ingresar al mercado.
- Un fabricante establece un sistema corporativo de *marketing* vertical y conserva la propiedad del producto mientras este no llegue al usuario final.

El canal de un producto se extiende solo a la última persona u organización que lo compra sin introducir cambios importantes en su forma. Cuando se modifica la forma y nace otro producto, entra en juego un nuevo canal.

Existen otras instituciones que intervienen en el proceso de distribución como son: bancos, compañías de seguros, de almacenamiento y transportistas. Pero como no tienen la propiedad de los productos ni participan activamente en

las actividades de compra o de venta, no se incluyen formalmente en los canales de distribución.

Un canal de distribución ejecuta el trabajo de desplazar los bienes de los productores a los consumidores.

### **2.3.2. Distribución de materiales proyectos departamentales**

Como se trabajan proyectos de forma simultánea en diferentes partes del país, Quezaltenango, Huehuetenango, Cobán, etc. Es necesario enviar todos los insumos, block, hierro, cemento, arena, pedrín, malla. Recurso humanos capacitado.

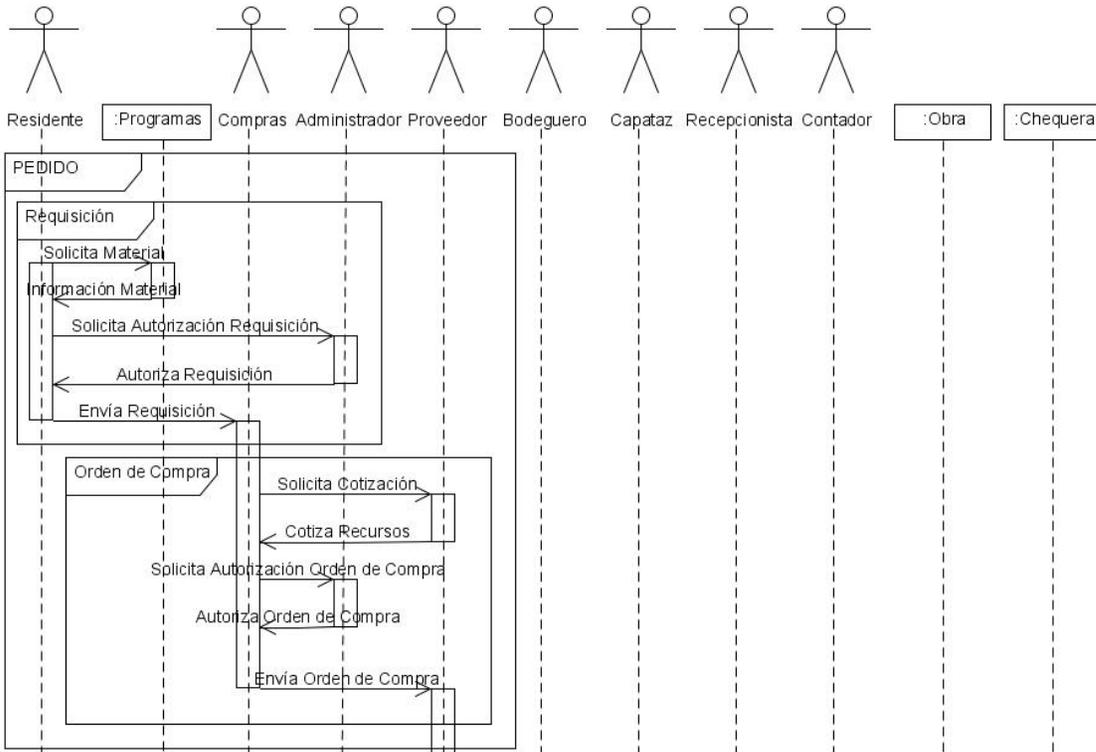
Es una estructura de negocios y de organizaciones interdependientes que va desde el punto del origen del producto hasta el consumidor. Es una estructura de negocios y de organizaciones interdependientes que va desde el punto del origen del producto hasta el consumidor.

Un canal de distribución ejecuta el trabajo de desplazar los bienes de los productores a los consumidores. Salva las principales brechas de tiempo, espacio y posesión que separan los bienes y servicios de aquellos que los usen. Los integrantes del canal de distribución ejecutan un cierto número de funciones claves:

- Investigación: recabar información necesaria para planear y facilitar el intercambio.
- Promoción: crear y difundir mensajes persuasivos acerca del producto.

- Contacto: encontrar a compradores potenciales y comunicarse con ellos.
- Adaptación: modelar y ajustar el producto a las exigencias del consumidor. Para ello se necesitan actividades como fabricación, clasificación, montaje y empaque.
- Negociación: tratar de encontrar un precio mutuamente satisfactorio a fin de que se efectuó la transferencia de propiedad o posesión.
- Distribución física: transportar y almacenar los bienes.
- Financiamiento: obtener y usar los fondos para cubrir los costos de sus actividades.
- Aceptación de riesgos: correr el riesgo que supone realizar las funciones propias del canal de distribución.

Figura 2. Diagrama de la recepción de los materiales



Fuente: elaboración propia, con programa *Lucid Chart*.

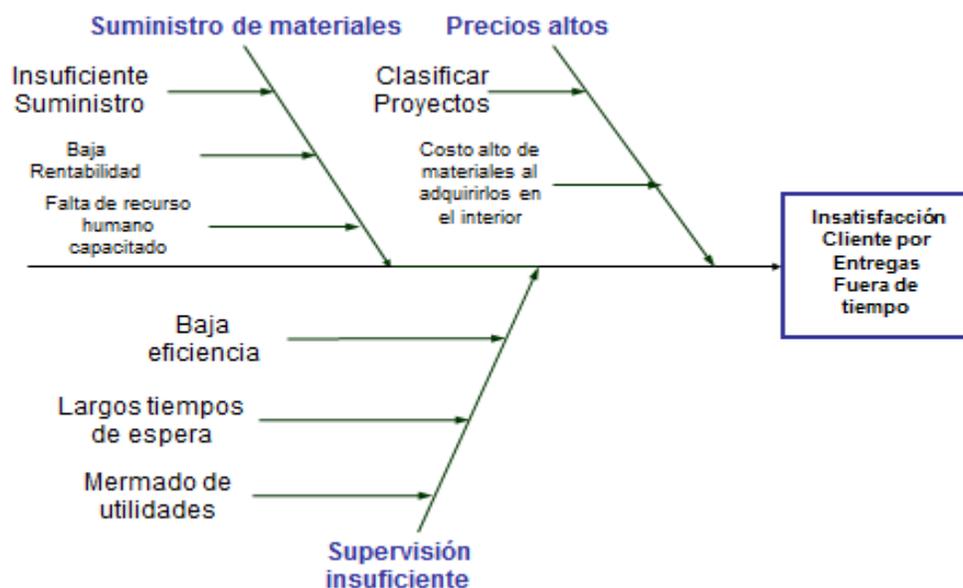
### 2.3.3. Tiempos de entrega de materiales

Es necesario enviar todos los insumos, en tiempo para que se logren las planificaciones de los proyectos, block, hierro, cemento, arena, pedrín, malla. El beneficio de tiempo es consecuencia del anterior ya que si no existe el beneficio de lugar, tampoco este puede darse. Consiste en llevar un producto al consumidor en el momento más adecuado. Hay productos que deben estar al alcance del consumidor en un momento después del cual la compra no se realiza; otros han de ser buscados algún tiempo para que procuren una mayor satisfacción al consumidor.

## 2.4. Análisis de Causas y Efectos

Se realizó el análisis de Causas y Efectos para poder determinar cuál puede ser el problema principal.

Figura 3. Diagrama de Causas y Efectos



Fuente: elaboración propia.

### 2.4.1. Identificación del problema central

El problema que existe actualmente es que la eficiencia en la distribución de los suministros hacia los diferentes proyectos en los departamentos del país, es muy baja porque todo se encuentra centralizado en la ciudad capital.

En la capital se compra el cemento, hierro y todos los suministros que se necesita, y se tiene proyectos de forma simultánea en todos los departamentos, no existe una programación previa de cómo se realizara la distribución, el personal, los vehículos y la supervisión.

#### **2.4.2. Identificación de las causas**

Se tiene la oportunidad de comprar materiales en los departamentos con proveedores locales por ejemplo, esto representa menos gasto de transporte y mejores tiempos. La supervisión se puede programar previamente para desarrollar rutas eficientes en la distribución de los diferentes proyectos y ahorrar en gastos de traslados, combustible, hospedaje, etc.

No se tiene especificado ningún tipo de control de la administración de colas, o sea que se está trabajando empíricamente, sin llevar a cabo una buena planeación, para poder trazar mejores estrategias y planes de acción.

#### **2.4.3. Identificación de los efectos**

Actualmente no se lleva un registro diario de los procesos realizados, lo cual origina una incertidumbre muy grande, ya que no se sabe específicamente, cual o cuales son los proyectos de más demanda, mermando muchas veces así, las utilidades.

Al realizar las compras después de un pequeño inventario, estas no se registran o controlan, se compra nada más lo que se piensa que hace falta, omitiendo muchas veces productos que podrían hacer falta para la finalización de los proyectos de la semana.

### **3. ANÁLISIS Y SELECCIÓN DEL SISTEMA DE TEORÍA DE COLAS**

#### **3.1. Muestra**

Una muestra estadística (también llamada muestra aleatoria o simplemente muestra) es un subconjunto de casos o individuos de una población estadística.

Las muestras se obtienen con la intención de inferir propiedades de la totalidad de la población, para lo cual deben ser representativas de la misma. Para cumplir esta característica la inclusión de sujetos en la muestra debe seguir una técnica de muestreo. En tales casos, puede obtenerse una información similar a la de un estudio exhaustivo con mayor rapidez y menor coste (véanse las ventajas de la elección de una muestra, más abajo).

Por otra parte, en ocasiones, el muestreo puede ser más exacto que el estudio de toda la población porque el manejo de un menor número de datos provoca también menos errores en su manipulación. En cualquier caso, el conjunto de individuos de la muestra son los sujetos realmente estudiados.

El número de sujetos que componen la muestra suele ser inferior que el de la población, pero suficiente para que la estimación de los parámetros determinados tenga un nivel de confianza adecuado. Para que el tamaño de la muestra sea idóneo es preciso recurrir a su cálculo.

### **3.1.1. Determinar la población**

Es un conjunto de individuos (no necesariamente seres vivos) que pueden llegar a solicitar el servicio en cuestión. La población es considerarla finita o infinita.

Aunque el caso de infinitud no es realista, sí permite (por extraño que parezca) resolver de forma más sencilla muchas situaciones en las que, en realidad, la población es finita pero muy grande. Dicha suposición de infinitud no resulta restrictiva cuando, aun siendo finita la población potencial, su número de elementos es tan grande es la población estadística, en estadística, también llamada universo o colectivo, es el conjunto de elementos de referencia sobre el que se realizan las observaciones. Cuando, aun siendo finita la población potencial, su número de elementos es tan grande que el número de individuos que ya están solicitando el citado servicio prácticamente no afecta a la frecuencia con la que la población potencial genera nuevas peticiones de servicio.

### **3.1.2. Análisis de modelos para determinar la muestra**

La Teoría de Colas es una formulación matemática para la optimización de sistemas en que interactúan dos procesos normalmente aleatorios: un proceso de “llegada de clientes” y un proceso de “servicio a los clientes”, en los que existen fenómenos de “acumulación de clientes en espera del servicio”, y donde existen reglas definidas (prioridades) para la “prestación del servicio”.

La Teoría de Colas es una aproximación matemática potente para la optimización del problema, y tiene aplicaciones (crecientes) en sistemas donde las llegadas y el servicio admiten una representación matemática

(probabilística); en problemas que no admiten esta representación existen otras técnicas, como muestra la tabla siguiente:

Tabla I. **Complejidad / costo de análisis**

<b>MENOS</b>	<b>COMPLEJIDAD/COSTO DE ANALISIS</b>		<b>MÁS</b>
<b>HEURÍSTICOS</b>	<b>MODELOS DE APROXIMACIÓN LINEAL</b>	<b>TEORÍA DE COLAS MODELOS ANALÍTICOS</b>	<b>SIMULACIÓN (BENCHMARKING)</b>

Fuente: elaboración propia.

### 3.1.3. Selección del modelo

Las colas son un aspecto de la vida moderna que se encuentran continuamente en las actividades diarias. En el contador de un supermercado, accediendo al metro, en los bancos, etc., el fenómeno de las colas surge cuando unos recursos compartidos necesitan ser accedidos para dar servicio a un elevado número de trabajos o clientes.

El estudio de las colas es importante porque proporciona tanto una base teórica del tipo de servicio que se puede esperar de un determinado recurso, como la forma en la cual dicho recurso puede ser diseñado para proporcionar un determinado grado de servicio a sus clientes.

Debido a lo comentado anteriormente, se plantea como algo muy útil el desarrollo de una herramienta que sea capaz de dar una respuesta sobre las características que tiene un determinado modelo de colas. La teoría de colas es

el estudio matemático del comportamiento de líneas de espera. Esta se presenta, cuando los “clientes” llegan a un “lugar” demandando un servicio a un “servidor”, el cual tiene una cierta capacidad de atención. Si el servidor no está disponible inmediatamente y el cliente decide esperar, entonces se forma la línea de espera.

Una cola es una línea de espera y la teoría de colas es una colección de modelos matemáticos que describen sistemas de línea de espera particulares o sistemas de colas. Los modelos sirven para encontrar un buen compromiso entre costes del sistema y los tiempos promedio de la línea de espera para un sistema dado.

Los sistemas de colas son modelos de sistemas que proporcionan servicio. Como modelo, pueden representar cualquier sistema en donde los trabajos o clientes llegan buscando un servicio de algún tipo y salen después de que dicho servicio haya sido atendido. Se pueden modelar los sistemas de este tipo tanto como colas sencillas o como un sistema de colas interconectadas formando una red de colas. En la siguiente figura se observa un ejemplo de modelo de colas sencillo. Este modelo puede usarse para representar una situación típica en la cual los clientes llegan, esperan si los servidores están ocupados, son servidos por un servidor disponible y se marchan cuando se obtiene el servicio requerido.

El problema es determinar qué capacidad o tasa de servicio proporciona el balance correcto. Esto no es sencillo, ya que un cliente no llega a un horario fijo, es decir, no se sabe con exactitud en que momento llegarán los clientes. También el tiempo de servicio no tiene un horario fijo.

Los problemas de colas se presentan permanentemente en la vida diaria: un estudio en EE.UU. concluyó que, por término medio, un ciudadano medio pasa cinco años de su vida esperando en distintas colas, y de ellos casi seis meses parado en los semáforos.

### 3.2. Cálculo de la muestra

Para tasas medias de llegadas pequeñas es asimétrica y se hace más simétrica y se aproxima a la binomial para tasas de llegadas altas su forma algebraica es:

$$P(k) = \frac{\lambda^k e^{-\lambda}}{k!}$$

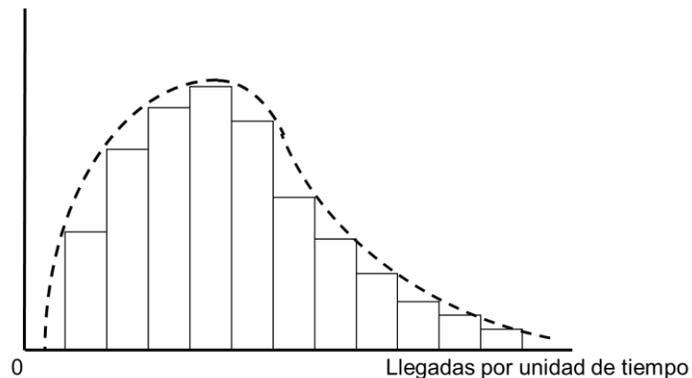
Donde:

P (k): probabilidad de k llegadas por unidad de tiempo

$\lambda$ : tasa media de llegadas

e = 2,7182818...

Figura 4. Probabilidad de K llegadas por unidad de tiempo



Fuente: elaboración propia.

### 3.2.1. Recopilación de datos

Previo a efectuar el análisis matemático de cualquier sistema de colas, 3 variables resultan indispensables de conocer: tasa media de llegadas, tasa de servicio y la cantidad de servidores. La tasa media de llegadas (asociada con la letra griega lambda -  $\lambda$ ) considera la cantidad de clientes que llegan al sistema por unidad de tiempo, sin importar el tiempo que transcurre entre una llegada y la otra, ni la cantidad de clientes que llegan a la vez. Por ejemplo, si a un sistema llegaron 40 clientes en una hora, 5 en la siguiente y 15 en la tercera, en total llegaron 60 clientes en el transcurso de 3 horas, por lo que la tasa media de llegadas para este sistema es de 20 clientes por hora.

La tasa de servicio (asociada con la letra griega mu -  $\mu$ ) está asociada con la capacidad de atención de un servidor o un conjunto de estos. Al hacer mención del término capacidad, implica directamente una cantidad por unidad de tiempo. Por ejemplo, si determinado servicio tiene una duración de 5 minutos, aproximadamente, en una hora se podrá atender hasta 12 clientes, siendo la tasa de servicio de 12 clientes por hora.

La cantidad de servidores (asociado con la letra  $s$ ) hace referencia al número de canales de servicio disponibles en las estaciones de servicio. El sistema estudiado puede verse como un solo conjunto de estaciones de servicio o como una cadena consecutiva de estas.

En el segundo caso, debe tratarse cada estación por separado, como si fueran sistemas independientes, por lo que la cantidad de servidores es la que tenga cada estación, mientras que para el primer caso debe considerarse el total de servidores.

Con estas tres variables se puede determinar la utilización de los servidores (asociada con la letra griega  $\rho$  - p) que representa la fracción esperada (porcentaje) de tiempo que los servidores individuales están ocupados. Esta variable se obtiene mediante la fórmula:

$$\rho = \frac{\lambda}{s\mu}$$

A partir de esta información se obtiene, mediante tratamiento matemático, los datos de interés para un sistema de colas, mismos que se listan a continuación:

- $P_n$ : la probabilidad que exactamente  $n$  clientes estén en el sistema.
- $L_q$ : longitud de la cola, es el número de clientes que esperan servicio.
- $L$ : número total de clientes en el sistema (en servicio más los de la cola).
- $W_q$ : tiempo promedio que un cliente espera para ser atendido (en cola).
- $W$ : tiempo promedio total que un cliente pasa en el sistema (cola más servicio).

Cabe mencionar que, el tratamiento matemático de éstos depende del modelo de colas que aplique para el caso bajo estudio.

### **3.2.2. Cantidad de proyectos que llegan**

Servicios actuales:

- Proyectos de telefonía llave en mano
- Herrería
- Venta de materiales de construcción
- Renta de equipo y transportes
- Mobiliario de interiores

### **3.2.3. Cantidad y tipo de materiales a entregar**

En la capital se compra el cemento, hierro y todos los suministros que se necesita, y se tiene proyectos de forma simultanea en todos los departamentos, no existe una programación previa de cómo se realizara la distribución, el personal, los vehículos y la supervisión.

### **3.2.4. Cantidad de materiales en la cola**

La oportunidad de comprar materiales en los departamentos con proveedores locales por ejemplo, esto representa menos gasto de transportes y mejores tiempos.

### **3.2.5. Tiempo promedio para entrega de materiales**

El tiempo  $t$  que transcurre entre la requisición hasta que material está disponible en la obra para su consumo se denomina el tiempo de demora (Nahmias1999) y puede representarse por medio de la Ecuación:

$$t = t + t (1)$$

Algunos materiales pueden no ser de uso común o bien ser especificados durante la ejecución del proyecto; en estos casos la empresa constructora podría no contar con la información necesaria para emitir la orden de compra (¿quién los vende?, ¿cuáles son las condiciones de venta?, etc.). De ahí que en estos casos se requiera añadir al tiempo de demora de un tiempo  $t_3$ , para hacer la búsqueda de la información que la empresa constructora no tiene disponible. Para pedidos subsecuentes del mismo material (mientras no cambien las condiciones del mercado) el  $t_3$  tendrá valor nulo y únicamente se considerará el tiempo de demora (ecuación 1).

### **3.2.6. Tiempo promedio para finalizar el proyecto**

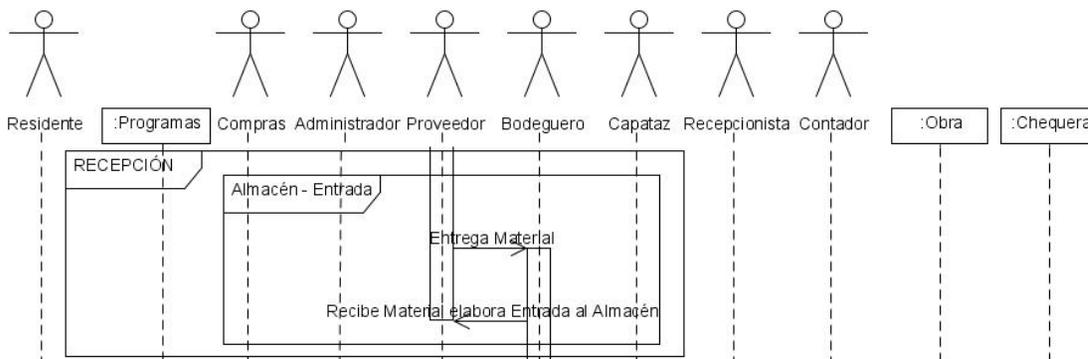
Para estos materiales de uso no común, o para cualquier material cuya oferta sea temporalmente inestable, es conveniente estimar el  $t_2$  de una manera conservadora, tomando en cuenta la incertidumbre en el plazo de entrega. En el caso en que los materiales se entreguen con un tiempo de demora ( $t$ ) menor al estimado (entrega adelantada), se producirá un mayor nivel en el inventario del material a la fecha de recepción (respecto del planeado); el único inconveniente a esto sería no contar con suficiente espacio para el almacenamiento.

Uno de los puntos más importantes para tener los materiales en la obra en el momento oportuno reside en estimar el tiempo de demora (incrementado con  $t_3$  en los casos mencionados) para cada uno de los materiales. Para determinar cuándo se debe hacer la solicitud de un material se parte del dato que se tiene disponible que es la fecha en la cual se inicia la utilización del mismo; a esta fecha se le resta el tiempo de demora para obtener la fecha en que se tiene que

hacer la requisición. Cuando el proveedor recibe una orden de compra procede a programar el envío del material a la obra atendiendo a factores tales como: existencia disponible, número de pedidos programados con anterioridad, modalidad de pago acordado con la empresa constructora, historial de cumplimiento de la empresa de los plazos de pago, valor estimativo de la empresa constructora como cliente, etc.

Una vez que el proveedor sitúa el material en la obra el supervisor de la empresa constructora responsable del almacenamiento, procede a verificar sus especificaciones su integridad y su cantidad. En caso de que el material corresponda con lo que fue solicitado en la orden de compra, el responsable del almacén lo recibe del proveedor y le firma la nota de remisión que ampara este hecho. A partir de la nota de remisión el responsable del almacén elabora un documento que genera un movimiento de almacén denominado entrada, y carga el material contablemente al inventario; con este procedimiento el nivel del inventario del material queda actualizado. La figura 5 presenta el diagrama de secuencia de los procesos para la recepción del material.

Figura 5. **Diagrama de la recepción del material**



Fuente: elaboración propia, con programa *Lucid Chart*

Cuando el material que el proveedor pretende entregar no cumple con lo especificado o bien no ha llegado en buen estado a la obra, el responsable del almacén debe rechazarlo y notificar de este caso anómalo al área de compras de la empresa constructora y al área de producción que lo solicitó; con esta información la empresa constructora hará la negociación pertinente para que el material sea reenviado en el menor tiempo posible y resolver el problema.

Lo más probable es que en este caso el tiempo de demora que se haya estimado sea insuficiente para contener dos ciclos de pedido, por lo que para algunos materiales es deseable considerar un tiempo adicional  $t_4$  que considere un lapso en el cual el material permanezca almacenado en obra antes de ser utilizado, a manera de amortiguador del sistema. En el caso más general el tiempo  $T$  que transcurre entre la requisición del material y su utilización puede representarse con la ecuación 2:

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 \quad (2)$$

Es muy importante que el  $t_3$  pueda tomar un valor nulo en los casos en que se cuente con la información suficiente en el momento de hacer la requisición. Estos casos podrían ser cuando: la empresa constructora ya posee la información proveniente de proyectos anteriores; no teniendo experiencia previa, el acopio de la información se hace en la fase de planeación del proyecto; o bien, no se trate de la primera solicitud del material para la obra. A las solicitudes subsecuentes se les denomina resurtido o reorden del material.

### **3.2.7. Identificación del tipo de modelo**

Existen dos grandes grupos de inventario de acuerdo con la característica de la demanda. Estos grupos son:

- Modelos de inventario determinístico: son aquellos en los cuales la demanda está perfectamente determinada o es conocida para un período dado.
- Modelo de inventario estocástico: son aquellos en los cuales la demanda es una variable aleatoria, con una función de distribución conocida.

El número de clientes en la cola es el número de clientes que esperan el servicio.

El número de clientes en el sistema es el número de clientes que esperan en la cola más el número de clientes que actualmente reciben el servicio.

### **3.2.8. Características del modelo**

Atendiendo a las consideraciones antes definidas, para el desarrollo de este trabajo se utilizarán solamente los modelos de inventarios determinísticos, dentro de este se encuentran:

- Modelo general de inventario determinístico.
- Modelo de inventario que no permite déficit.
- Modelo de inventario con reaprovisionamiento instantáneo.
- Modelo de inventario con reaprovisionamiento instantáneo que no permite déficit.

Los dos primeros se utilizan para sistemas donde existe producción, o sea estos productos o materias primas llegan al almacén poco a poco, mientras los dos restantes se emplean en sistemas donde los productos llegan instantáneamente. Por otra parte el modelo b y d no permiten déficit, o sea no se acumulan pedidos, no ocurriendo así con el a y c que si admiten acumulaciones de pedidos que luego serán entregados.

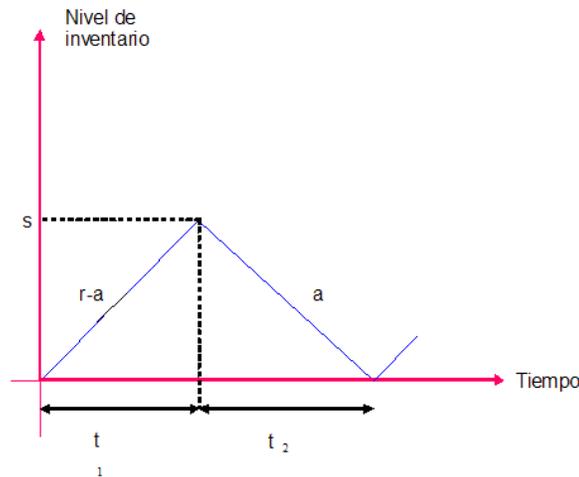
### **3.2.9. Restricciones del modelo**

Los dos primero se utilizan para sistemas donde existe producción, o sea estos productos o materias primas llegan al almacén poco a poco, mientras los dos restantes se emplean en sistemas donde los productos llegan instantáneamente. Por otra parte el modelo b y d no permiten déficit, o sea no se acumulan pedidos, no ocurriendo así con el a y c que si admiten acumulaciones de pedidos que luego serán entregados.

### **3.2.10. Consideraciones del modelo**

Según el modelo que se determina el objetivo principal será que el proveedor sitúa el material en la obra el supervisor de la empresa constructora responsable del almacenamiento, procede a verificar sus especificaciones su integridad y su cantidad. En caso de que el material corresponda con lo que fue solicitado en la orden de compra, el responsable del almacén lo recibe del proveedor y le firma la nota de remisión que ampara este hecho. A partir de la nota de remisión el responsable del almacén elabora un documento que genera un movimiento de almacén denominado entrada, y carga el material contablemente al inventario; con este procedimiento el nivel del inventario del material queda actualizado.

Figura 6. **Representación gráfica del Modelo de Inventario Determinístico que no permite déficit**



Fuente: Delgado Landa (2008).

### 3.3. Análisis de resultados

El ciclo de inventario como bien se observa en la figura anterior sigue la secuencia siguiente:

- Comienza con el inventario igual a cero.
- Comienza la producción con una razón constante ( $r$ ). Habrá una razón de consumo ( $a$ ) constante, donde  $r > a$ , hasta que se alcance un nivel determinado, deteniéndose la producción (intervalo  $t$ ).
- Después habrá un consumo del inventario a una razón constante ( $a$ ) ocurriendo durante un tiempo  $t$ , hasta agotar todo el inventario y nuevamente se repetirá el ciclo.

Para la formulación matemática de este modelo se define:

r: razón de producción constante (unidades físicas por unidad de tiempo).

a: demanda constante (unidades físicas por unidad de tiempo).

s : nivel máximo de inventario (unidades físicas).

Q: cantidad de unidades a producir en cada corrida o tamaño de lote (unidades físicas).

t y t : intervalos de tiempo representados .

Se tendrán como datos, además, los siguientes costos:

c: costo unitario de producción (costo por unidad física).

h: costo por mantener el inventario. [Costo/ (unidad física por unidad de tiempo)]

k: costo de lanzamiento (costo).

### **3.3.1. Selección del modelo**

Al hacer referencia a un modelo matemático de colas en específico, se utiliza la notación de Kendall, quien a principios de la década de los cincuenta definió una clasificación de los sistemas que se caracterizan por tener una sola cola y que los clientes llegan aleatoriamente (Guasch, 2005). Esta notación tiene la forma genérica que se muestra a continuación:

$$X / X / s$$

Donde la primera "X" especifica la distribución estadística de los tiempos entre las llegadas, la segunda "X" indica la distribución estadística de los tiempos de servicio, y la "s" muestra la cantidad de servidores que se utilizan en el sistema bajo evaluación.

Los tipos de distribución estadística comúnmente empleados para la teoría de colas son:

M = distribución exponencial (markoviana),

D = distribución degenerada (tiempos constantes),

Ek = distribución Ertang (parámetro de forma = k),

G = distribución general (cualquier distribución arbitraria).

### **3.4. Descripción del modelo propuesto**

El servicio puede ser brindado por un servidor o por servidores múltiples.

El tiempo de servicio varía de cliente a cliente. El tiempo esperado de servicio depende de la tasa media de servicio ( $\mu$ ). El tiempo esperado de servicio equivale a  $1/\mu$ .

Por ejemplo, si la tasa media de servicio es de 25 clientes por hora. Entonces el tiempo esperado de servicio es  $1/\mu = 1/25 = 0,04$  hr, o 2,4 minutos

## 4. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO

Número esperado de clientes en la cola  $L_q$

Número esperado de clientes en el sistema  $L_s$

Tiempo esperado de espera en la cola  $W_q$

Tiempo esperado de espera en el sistema  $W_s$

$$W_s = W_q + \frac{1}{\mu}$$

$$L_s = \lambda W_s$$

$$L_q = \lambda W_q$$

$$L_s = L_q + \frac{\lambda}{\mu}$$

### 4.1. Descripción del programa de implementación

- Se supone que a la empresa llegan en promedio 45 clientes por hora
- Se tiene capacidad para atender en promedio a 60 clientes por hora
- Se sabe que los clientes esperan en promedio 3 minutos en la cola
- La tasa media de llegadas  $\lambda$  es 45 clientes por hora o  $45/60 = 0,75$  clientes por minuto.
- La tasa media de servicio  $\mu$  es 60 clientes por hora o  $60/60 = 1$  cliente por minuto.

#### 4.1.1. Alcance del sistema propuesto

Probabilidades como medidas del desempeño:

Beneficios:

- Permiten evaluar escenarios
- Permite establecer metas

Notación:

$P_n$  : probabilidad de tener  $n$  clientes en el sistema

$P(W_s \leq t)$  : probabilidad de que un cliente no espere en el sistema más de  $t$  horas.

Factor de utilización del sistema

Dada la tasa media de llegadas  $\lambda$  y la tasa media de servicio  $\mu$ , se define el factor de utilización del sistema  $\rho$ .

Generalmente se requiere que  $\rho < 1$

Su fórmula, con un servidor y con  $s$  servidores, respectivamente, es:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} \quad \rho = \frac{\lambda}{s\mu}$$

## 4.2. Integración

En la integración se realiza una tabla en donde se colocan las características para cada modelo, esto con el fin de determinar el tipo que se utilizará.

Tabla II. Integración

Modelo	$L_s$	$W_s$	$L_q$	$W_q$
M/M/1				
M/G/1				
M/D/1				
M/E <sub>k</sub> /1				

Fuente: elaboración propia.

### 4.2.1. Definir proyectos que utilizará el sistema

La teoría de cola reúne una serie de técnicas que permite dar respuestas a estas interrogantes. Sólo que hay que saber cuál utilizar en cada caso, para esto se hace necesario conocer algunos aspectos imprescindibles para aplicar correctamente el modelo adecuado.

#### **4.2.2. Distribución de materiales**

Proceso de determinación de mejor ordenación de factores para sistema productivo capaz de cumplir lo objetivos y adecuada y eficientemente para minimizar el flujo de circulación para la fluidez.

Los factores principales en la distribución son:

- El recurso humano
- La maquinaria
- La herramienta
- Los materiales de construcción

#### **4.2.3. Determinar cantidad de materiales en la cola**

En los modelos de colas se emplea esta notación con el propósito de identificar los diversos modelos que se presentan:

$$A / B / X // E /$$

A: distribución de llegadas o tiempo entre llegadas.

B: distribución de salidas o tiempo de servicio.

X: número de canales de servicio en paralelo en el sistema.

: disciplina de la línea de espera.

E: número máximo de elementos permitidos en el sistema.

En los modelos de colas, es posible demostrar en un sistema estable que las ecuaciones de flujo son:

$$L=W; Lq=Wq$$

Las cuales cumplen con la ecuación de resultado general:  $W= Wq + \frac{1}{\mu}$

#### 4.2.4. Determinar tiempo real de entrega de materiales

Se utiliza este caso para explicar la metodología usada en el análisis de la Teoría de Colas. Se siguen los siguientes pasos:

Paso 1: enunciar las ecuaciones de diferencia para  $P_n(t)$ .

Paso 2: enunciar las ecuaciones diferenciales para  $P_n(t)$ .

Paso 3: explorar las soluciones para  $P_n(t)$ .

Paso 4: establecer el sistema para distribución límite y explorar su solución En el modelo  $M / M / 1$  se tiene que:

Llegadas

$a(t) =$

$> 0, t > 0$

Servicio

$b(t) =$

$> 0, t > 0$

Rata de llegadas  $1 / \lambda$

Rata de servicios  $1 / \mu$

Para la mayoría de los modelos se supone que  $\rho < 1$ , en caso contrario se dice que la cola explota.

#### **4.2.5. Tiempo real de finalización del proyecto**

Se trata de elegir entre dos tipos de equipo de manejo de materiales, A y B, para transportar cierto tipo de bienes entre distintos centros de producción dentro de un taller. La necesidad de una unidad de este equipo para mover una carga es en esencia aleatoria (es decir, sigue un proceso de entradas Poisson) con una tasa media de 4 por hora. El tiempo total requerido para mover una carga sigue una distribución exponencial, con media 12 minutos con el equipo A y 9 minutos con el B. El coste total uniforme equivalente por hora (costo de recuperación de capital más el coste de operación) sería Q 50 para A y Q 150 para B.

Se estima que el coste de los bienes inútiles (en espera de ser transportados o en tránsito) causados por el aumento de inventario de materiales en proceso es 20 \$/hora y carga. Además, la programación de trabajo en los centros de producción proporciona sólo una hora entre la terminación del proceso de una carga en un centro y la llegada de esa carga al siguiente centro. Así, debe asociarse un coste de 100 \$/carga y hora de retraso (incluyendo el tránsito) después de la primera hora, por pérdida de producción debida al personal y equipo desocupados, costes extras para acelerar la

producción y supervisarla, etc. Suponiendo que sólo se comprará un equipo de manejo de materiales, ¿cuál de los dos deberá seleccionarse?

A => 130 \$/h

B => 180 \$/h

#### 4.2.6. Determinar el porcentaje de desperdicio

Con base en los datos del ejemplo anterior,  $\lambda = 0,75$ ,  $\mu = 1$

El factor de utilización del sistema si se mantuviera un servidor es:

$$\rho = \lambda/\mu = 0,75/1 = 0,75 = 75\%$$

Con dos servidores ( $s = 2$ ):

$$\rho = \lambda/s\mu = 0,75/(2*1) = 0,75/2 = 37,5\%$$

#### 4.2.7. Determinar rentabilidad del proyecto

Permite poder calcular que tan rentable será el proyecto, tanto a corto como largo plazo, así poder evaluar si será una buena opción.

$$L_s = \lambda W_s \quad L_q = \frac{\rho^2 (k+1)}{2k(1-\rho)}$$
$$W_s = W_q + \frac{1}{\mu} \quad W_q = \frac{L_q}{\lambda}$$
$$\rho < 1$$



## 5. SEGUIMIENTO

### 5.1. Análisis del sistema implementado

Los sistemas de colas son modelos de sistemas que proporcionan servicio. Como modelo, pueden representar cualquier sistema en donde los trabajos o clientes llegan buscando un servicio de algún tipo y salen después de que dicho servicio haya sido atendido. Se pueden modelar los sistemas de este tipo tanto como colas sencillas o como un sistema de colas interconectadas formando una red de colas. En la siguiente figura se observa un ejemplo de modelo de colas sencillo. Este modelo puede usarse para representar una situación típica en la cual los clientes llegan, esperan si los servidores están ocupados, son servidos por un servidor disponible y se marchan cuando se obtiene el servicio requerido.

El problema es determinar qué capacidad o tasa de servicio proporciona el balance correcto. Esto no es sencillo, ya que un cliente no llega a un horario fijo, es decir, no se sabe con exactitud en que momento llegarán los clientes. También el tiempo de servicio no tiene un horario fijo.

En la teoría de la formación de colas, generalmente se llama sistema a un grupo de unidades físicas, integradas de tal modo que pueden operar al unísono con una serie de operaciones organizadas. La teoría de la formación de colas busca una solución al problema de la espera prediciendo primero el comportamiento del sistema. Pero una solución al problema de la espera consiste en no solo en minimizar el tiempo que los clientes pasan en el sistema,

sino también en minimizar los costos totales de aquellos que solicitan el servicio y de quienes lo prestan.

M: distribución exponencial (markoviana)

D: distribución degenerada (tiempos constantes)

E k: distribución Erlang

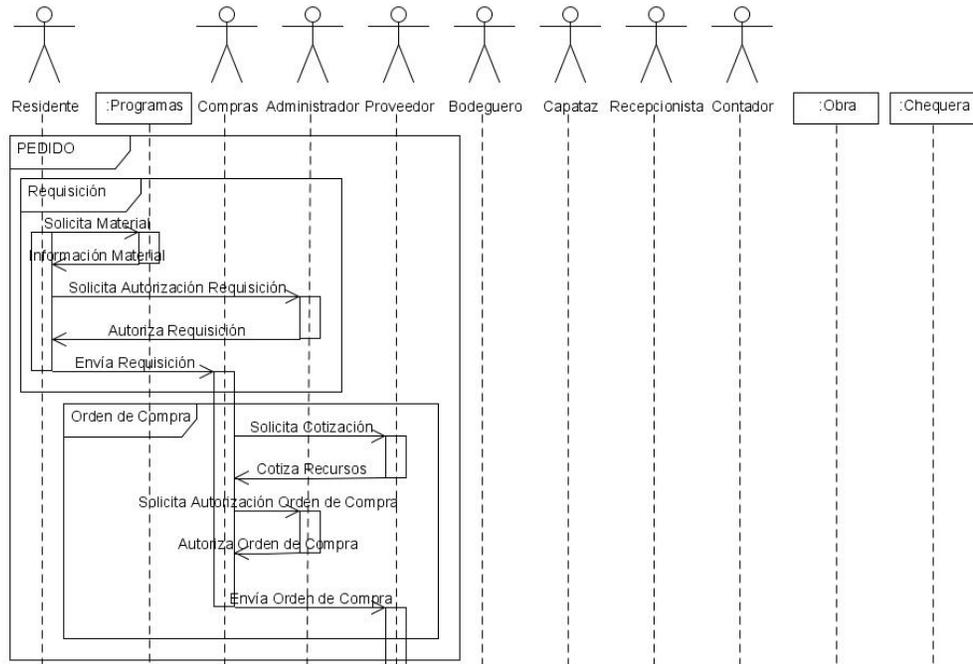
G: distribución general

M / M / s: modelo donde tanto los tiempos entre llegada como los tiempos de servicio son exponenciales y se tienen s servidores.

#### **5.1.1. Determinar el tiempo real para entrega de materiales**

Para hacer la entrega de materiales se deben hacer el cálculo del tiempo real el que se tendrá listo, para que no ocasiona demoras en el proceso.

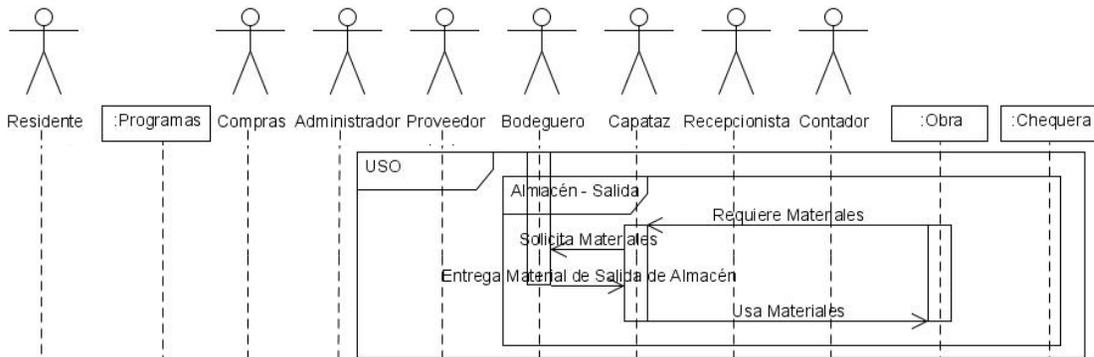
Figura 7. Diagrama de pedido de materiales



Fuente: elaboración propia, con programa Lucid Chart.

Quando el material se encuentra en un espacio cerrado y bajo resguardo, los responsables de las diferentes fracciones de la obra solicitan al empleado responsable del almacén la cantidad que requieren, usualmente para una jornada de trabajo. Esta cantidad de material se les entregada por medio de un movimiento de almacén denominado la salida, cuya cantidad y costo son cargados a la cuenta de la obra. Con la salida de almacén se debe actualizar el nivel de inventario del material. Para un mayor nivel de información, el material puede ser cargado contablemente a la parte específica de la obra en la cual se va a utilizar (en las cuentas predefinidas); de esta forma se puede conocer qué cantidad del material se ha utilizado en cada partida de la obra. La figura presenta el diagrama de secuencia de los procesos para el uso del material.

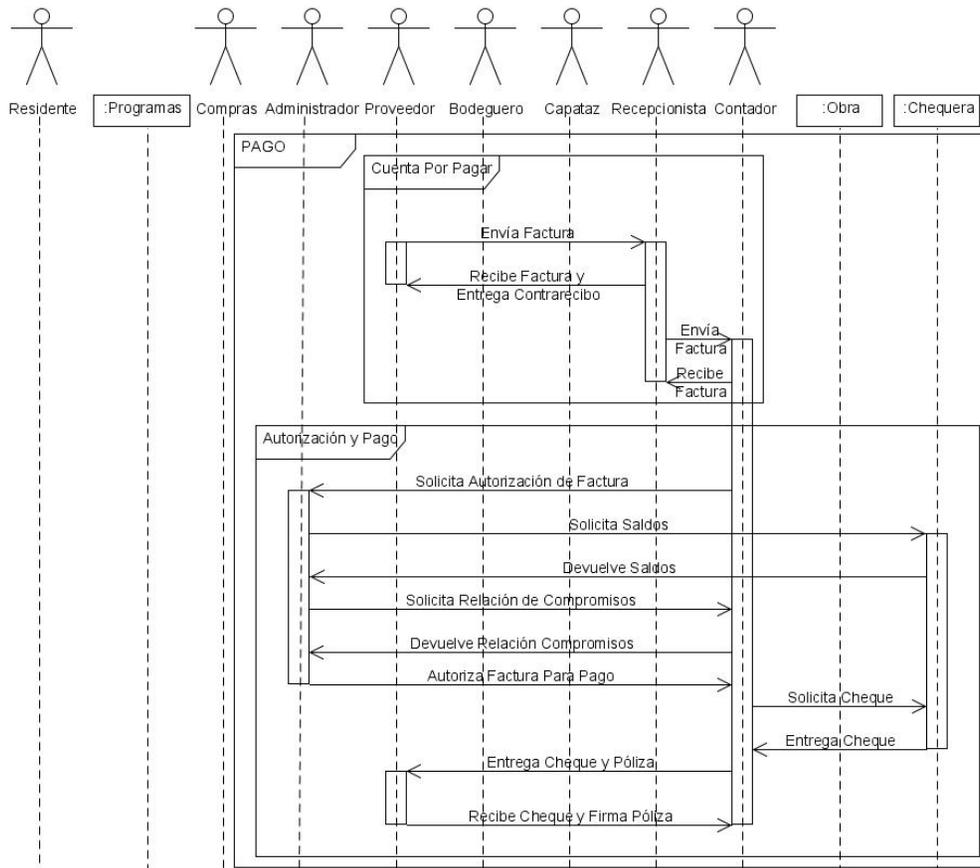
Figura 8. Diagrama del uso del material



Fuente: elaboración propia, con programa *Lucid Chart*.

Cuando un proveedor recibe una orden de compra y la surte, emite una o varias notas de remisión que amparan las diferentes entregas. Posteriormente elabora y entrega a la empresa constructora un documento con valor contable y fiscal en donde se registra la cantidad y el valor del material que está vendiendo; este documento se denomina la factura del material y se entrega a un recepcionista de la oficina central de la empresa constructora, acompañada de la(s) nota(s) de remisión que amparan la(s) entrega(s). Cuando la empresa constructora recibe la factura, la canjea por un documento denominado el contra recibo, el cual contiene el importe de la factura y es considerado como un comprobante de que la empresa constructora se compromete a pagar el material comprado.

Figura 9. Diagrama del material comprado



Fuente: elaboración propia, con programa *Lucid Chart*.

### 5.1.2. Determinar el tiempo real de finalización del proyecto

Una vez realizado el proceso de planificación quedan establecidos:

- Tiempos o duración de las actividades
- Recursos necesarios
- Secuencia de las actividades

Pero esta información por si sola no permite establecer de forma clara la duración y secuencia total del proyecto.

El tiempo total que demora el proyecto -en días cronológicos- deriva del tiempo requerido para completar y enlazar todos y cada uno de sus componentes, ubicados en el camino crítico o sea en el más largo entre inicio y finalización, cruzando la malla completa de actividades en serie y en paralelo de todo el proyecto. En cambio el total de tiempo que requiere el proyecto, en horas-persona, corresponde a la sumatoria de todos los tiempos requeridos, para elaborar todas y cada una de las componentes, y enlazarlas entre si.

Cuando se recurre al enfoque de la gestión de proyectos, se acostumbra desagregar el trabajo en partes menores, fáciles de elaborar y enlazar: Estructura de Desglose del Trabajo (EDT).

Como cualquier empresa humana, los proyectos necesitan ser ejecutados y entregados bajo ciertas restricciones. Tradicionalmente, en lo que se refiere a proyectos, estas restricciones han sido alcance, tiempo y costo. Esto también se conoce como el Triángulo de la Gestión de Proyectos, donde cada lado representa una restricción. Un lado del triángulo no puede ser modificado sin impactar a los otros. Un refinamiento posterior de las restricciones separa la calidad del producto del alcance, y hace de la calidad una cuarta restricción.

En estricto rigor las restricciones de alcance y calidad, son más bien especificaciones de exigencias, asociadas a fines ulteriores del proyecto.

La restricción de tiempo se refiere a la cantidad de tiempo disponible para completar un proyecto, sea en días cronológicos o en horas-persona. Disponer de poco tiempo cronológico puede derivar de que queden pocos días para

lanzar un nuevo paraguas antes de iniciarse las lluvias, o disponer de poco tiempo en horas-persona puede derivar de una baja disponibilidad de caja, o de error en los cálculos previos, etc.

La restricción de coste se refiere a la cantidad presupuestada para el proyecto, sea como costo a incurrir o costo de oportunidad a considerar. Disponer de poco presupuesto puede derivar de errores previos de cálculo o de salidas inesperadas de caja, o de retrasos inesperados en cobros presupuestados.

La restricción de alcance se refiere a lo que se debe hacer para producir el resultado final del proyecto, por lo que en general no son negociables, lo cual pueden hacerse difícil de lograr si las restricciones de costo y tiempo -o flujo de caja- no pueden superarse oportunamente.

Estas tres restricciones son frecuentemente competidoras entre ellas: incrementar el alcance típicamente aumenta el tiempo y el costo, una restricción fuerte de tiempo puede significar un incremento en costos y una reducción en alcance; y un presupuesto limitado puede traducirse en un incremento en tiempo y una reducción de alcance.

La disciplina de la gestión de proyectos consiste en proporcionar las herramientas y técnicas que permiten al equipo de proyecto (no solamente al gerente del proyecto) organizar su trabajo para equilibrar el cumplimiento de todas esas restricciones, si es viable.

### **5.1.3. Determinar el porcentaje real de desperdicio**

¿Estimar un 5 % de desperdicio en concreto es acertado? ¿Cuáles son los números reales? No se cuenta con la información. Sin embargo, antes de continuar es conveniente aclarar que desperdicio no sólo es el material, también lo son el equipo, el trabajo, la mano de obra, el capital, y todo lo que se usa más de lo necesario en el proceso de producción. Si un recurso se usa de más y no está generando un valor agregado o un valor al producto final, esto es un desperdicio.

Clasificar para ordenar: la forma práctica de entender el desperdicio es tratar de clasificarlo. Una primera clasificación se puede realizar, dependiendo del nivel de control que se tenga, en dos categorías.

- El natural, que es inevitable. Se requiere invertir para no tenerlo, y la inversión que se debe realizar resulta mucho mayor que el ahorro que se obtiene al eliminarlo.
- El que se puede evitar.

Otra clasificación es de acuerdo con el tipo de desperdicio que se tiene.

- El directo: lo que se remueve directamente de la obra.
- El indirecto: es aquél que está escondido, por ejemplo, una sustitución de material. En un caso práctico, esta situación se presenta cuando el director de proyecto no ordena la cantidad correcta de un material para los trabajos del día, y como los albañiles necesitan trabajar, permite que

se sustituya por otro más caro. Cualquier sustitución de este tipo se debe a una falta de planeación.

Otro ejemplo es cuando el ingeniero, por no confiar en la calidad de su material, permite utilizar más cemento para elaborar el concreto, sin respetar las especificaciones del proyecto. En otras palabras, se fabrica un concreto más resistente sin necesitarlo. Un ejemplo más sería el que se produce por falta de supervisión en la construcción, como cuando las losas se hacen un poco más gruesas de lo especificado sin requerirse.

Una tercera posible clasificación del desperdicio de material se debe a la forma en que el mismo ocurre.

- Al transportar el material se genera desperdicio por utilizar equipo inadecuado. En general, en las obras no se tiene una distribución adecuada en el manejo de los materiales ni una distribución apropiada de almacenamiento.
- Desperdicio por el manejo en la obra. Un inventario deficiente propicia las pérdidas por robo, vandalismo, accidentes, clima y otras causas evitables.

#### **5.1.4. Determinar la rentabilidad real del proyecto**

La rentabilidad financiera se relaciona con el beneficio económico de los recursos necesarios para obtener ese lucro. A nivel empresa, muestro el retorno para los accionistas de la misma, que son los únicos proveedores que no tienen ingresos fijos.

$$R = \frac{\text{UTILIDAD DE LA GESTION} * 1}{\text{TOTAL ACTIVOS}}$$

## 5.2. Identificar las variaciones

Cuando se utiliza el sistema de costo estándar, se utiliza esta cuenta para cancelar contra los resultados las diferencias entre los costos reales y el costo absorbido por la construcción.

### 5.2.1. Tiempo de entrega de materiales

Se utiliza este caso para explicar la metodología usada en el análisis de la Teoría de Colas. Se siguen los siguientes pasos:

Paso 1: enunciar las ecuaciones de diferencia para  $P_n(t)$ .

Paso 2: enunciar las ecuaciones diferenciales para  $P_n(t)$ .

Paso 3: explorar las soluciones para  $P_n(t)$ .

Paso 4: establecer el sistema para distribución límite y explorar su solución En el modelo  $M/M/1$  se tiene que:

Llegadas

$a(t) =$

$> 0, t > 0$

Servicio

$b(t) =$

$> 0, t > 0$

Rata de llegadas  $1 / \lambda$

Rata de servicios  $1 / \mu$

### **5.2.2. Tiempo de finalización de proyectos**

Todo proyecto tiene una duración. Esta se estima en función del período que se considera vale la pena seguir con él. Al final de esa vida, se desarma el proyecto y es posible vender los bienes de capital adquiridos al comienzo, si es que no han sido depreciados físicamente por completo. A veces vale la pena terminar un proyecto y quizás reemplazarlo por el otro antes de lo previsto.

### **5.2.3. Porcentaje de desperdicio**

La forma práctica de entender el desperdicio es tratar de clasificarlo. Una primera clasificación se puede realizar, dependiendo del nivel de control que se tenga, en dos categorías.

Al igual que en otros países latinoamericanos, en Brasil hasta 70 % del costo de la obra lo representa el de los materiales; por lo tanto, si se controla el desperdicio se controla a un gran porcentaje del costo total de la construcción.

- El natural, que es inevitable. Se requiere invertir para no tenerlo, y la inversión que se debe realizar resulta mucho mayor que el ahorro que se obtiene al eliminarlo.

- El que se puede evitar. Es el tema en este artículo.

Otra clasificación es de acuerdo con el tipo de desperdicio que se tiene:

- El directo: lo que se remueve directamente de la obra.
- El indirecto: es aquél que está escondido, por ejemplo, una sustitución de material. En un caso práctico, esta situación se presenta cuando el director de proyecto no ordena la cantidad correcta de un material para los trabajos del día, y como los albañiles necesitan trabajar, permite que se sustituya por otro más caro. Cualquier sustitución de este tipo se debe a una falta de planeación. Otro ejemplo es cuando el ingeniero, por no confiar en la calidad de su material, permite utilizar más cemento para elaborar el concreto, sin respetar las especificaciones del proyecto. En otras palabras, se fabrica un concreto más resistente sin necesitarlo. Un ejemplo más sería el que se produce por falta de supervisión en la construcción, como cuando las losas se hacen un poco más gruesas de lo especificado sin requerirse. Una tercera posible clasificación del desperdicio de material se debe a la forma en que el mismo ocurre.
- Al transportar el material se genera desperdicio por utilizar equipo inadecuado. En general, en las obras no se tiene una distribución adecuada en el manejo de los materiales ni una distribución apropiada de almacenamiento.
- Desperdicio por el manejo en la obra. Un inventario deficiente propicia las pérdidas por robo, vandalismo, accidentes, clima y otras causas evitables.

#### **5.2.4. Rentabilidad del proyecto**

La tasa de rentabilidad es la recompensa que un inversor exige por la aceptación de un pago aplazado. Para calcular el valor actual se descuentan los cobros futuro esperado a la tasa de rentabilidad ofrecida por alternativas de inversión comparables.

Esta TR suele ser conocida como tasa de descuento, tasa mínima o coste de oportunidad del capital, porque es a la rentabilidad que se renuncia al invertir en el proyecto en lugar de invertir en títulos.

La rentabilidad sobre el capital invertido es simplemente el beneficio, como una proporción del desembolso inicial:

$$\text{Rentabilidad} = \text{Beneficio} / \text{Inversión} = 400,000 - 350,000 / 350,000 = 14 \%$$

Criterios de decisión equivalentes para la inversión del capital:

El criterio del valor actual neto: aceptar inversiones que tienen un valor actual neto positivo.

El criterio de la tasa de rentabilidad: aceptar inversiones que ofrecen tasas de rentabilidad que superan el costo de oportunidad del capital.

La importancia del análisis de la rentabilidad viene determinada porque, aun partiendo de la multiplicidad de objetivos a que se enfrenta una empresa, basados unos en la rentabilidad o beneficio, otros en el crecimiento, la estabilidad e incluso en el servicio a la colectividad, en todo análisis empresarial el centro de la discusión tiende a situarse en la polaridad entre rentabilidad y

seguridad o solvencia como variables fundamentales de toda actividad económica

La rentabilidad financiera se relaciona con el beneficio económico de los recursos necesarios para obtener ese lucro. A nivel empresa, muestro el retorno para los accionistas de la misma, que son los únicos proveedores que no tienen ingresos fijos.

$$R = \frac{\text{UTILIDAD DE LA GESTIÓN} * 1}{\text{TOTAL ACTIVOS}}$$

Por ejemplo si un proyecto cuesta un millón de quetzales y genera Q. 100 000, la que es la rentabilidad o sea el 10 %. La rentabilidad se calcula dividiendo la cantidad generada y la cantidad que se ha necesitado para generarla.

### **5.3. Realizar ajustes en el sistema**

Se debe evaluar periódicamente el sistema para determinar cuáles son los puntos que se deben mejorar y así poder mantenerlo estable.

## **6. MEDIO AMBIENTE**

### **6.1. Permisos municipales**

La Ventanilla Única Municipal, en la ciudad de Guatemala, agiliza el trámite de expedientes que requieren la licencia de construcción, al realizarse la gestión en un solo lugar en donde todos los entes involucrados y vinculados al proceso participan, con el objetivo de facilitar el proceso de gestión de vecino, así como reducción de tiempos en la resolución de expedientes.

Los entes que conforman esta ventanilla son la Dirección de Infraestructura, la Empresa Municipal de Agua y el Departamento del Control de la Construcción Urbana, que anteriormente requerían de procesos separados, y que hoy estos están interrelacionados siguiendo una estrategia de coordinación institucional para la agilización del trámite, que más allá de la simple reducción de tiempos busca exponer reglas claras al interesado. Parte de esta integración es la unificación de criterios técnicos entre los departamentos, dando como resultado la creación de formularios e instructivos consolidados. El diseño del nuevo proceso también permite una evaluación inmediata de las solicitudes para determinar si esta está completa o no, y de esta manera eliminar tiempo de espera para el dictamen de si el expediente cumple los requisitos para su análisis.

Con la implementación del Plan de Ordenamiento Territorial –POT-, los procesos para adquirir la licencia de construcción han sido optimizados y mejorados a través de la Ventanilla Única Municipal.

Nuestras especializadas asesorías son brindadas en la Dirección de Control Territorial para establecer los criterios y parámetros que le son aplicables al inmueble y al proyecto que desea ejecutar.

Una vez definidos los parámetros, la gestión deberá ser iniciada a través del formulario F02 el cual se desglosa en las distintas autorizaciones que extiende la Dirección de Control Territorial: fraccionamiento, obra, uso de suelo, localización de establecimiento abierto al público y/o localización industrial. Dicho documento y la guía de la papelería y planos que se debe adjuntar al expediente de solicitud, se pueden obtener en el primer nivel del palacio municipal en las ventanillas de atención al vecino o bien descargarlo de la página [www.muniguate.com](http://www.muniguate.com).

Una vez ingresado el expediente, se le asignará un número y una contraseña para poder llevar el record del estado del mismo. Dependiendo del tipo de proyecto, existen diversas dependencias como la Dirección de Planificación y Diseño, EMPAGUA, Junta de Ordenamiento Territorial, Concejo Municipal, etc., que también deben dar el visto bueno del expediente si lo necesitan. Los tiempos de resolución y entrega de la licencia dependen de diversos factores:

- a) Si la papelería adjunta es la correcta
- b) Si el proyecto se apega a los parámetros normativos establecidos para la zona general aplicable.
- c) Si debe ser evaluado por otras dependencias

La prontitud en la que el/los interesados presenten las correcciones o requisitos solicitados tanto por la Dirección de Control Territorial como también por otras entidades.

Una vez autorizado el proyecto planteado, se extenderán órdenes de pago por dos rubros: derechos de licencia y depósito. Este último funciona como un depósito de garantía el cual puede ser reembolsado luego de haber obtenido el Permiso de Ocupación o Constancia de Obra Finalizada extendido por la Dirección de Control Territorial.

Los pagos de ambos rubros se podrán realizar en las cajas ubicadas en el sótano del palacio municipal o bien en cualquier “Mini Muni”, debiendo presentar una fotocopia de los recibos a la Dirección de Control Territorial para poder tramitar la impresión de la licencia y el rótulo de identificación de obra.

La licencia podrá ser recogida únicamente por el propietario del inmueble, o bien por un tramitador autorizado por el propietario, en ambos casos deberán presentar su cédula de vecindad.

Si tiene más consultas respecto a cómo tramitar su autorización, no dude en acercarse a las ventanillas de la Dirección de Control Territorial, en donde le podrán dar asesoría específica sobre su proyecto, o bien puede visitar el link de Ventanilla Única ubicado en el portal

## **6.2. Construcción en áreas especiales**

El impacto de las actividades económicas ejercidas por el ser humano en el ambiente no es nada alentador para el mantenimiento de la vida en el planeta. Por esa razón, se ha considerado necesaria la conservación de ciertas áreas en el globo.

Para contribuir a la solución de este problema ambiental, el Estado venezolano ha establecido, mediante la Ley Orgánica de Ordenación del Territorio, la delimitación de unas áreas denominadas Áreas Bajo Régimen de Administración Especial (ABRAE). Las ABRAE poseen una serie de características y potencialidades ecológicas importantes y han sido decretadas por el Ejecutivo nacional para llevar a cabo funciones productoras, protectoras y recreativas. Los decretos presidenciales sobre las ABRAE los aprueba el Consejo de Ministros, y en ellos se especifican los linderos del área protegida y los organismos que se responsabilizarán de su administración.

Asimismo, mediante reglamentos especiales se determinan las actividades que pueden ser realizadas en las áreas protegidas.

La necesidad de las áreas naturales, de gran belleza escénica y valor ecológico incalculable, ha motivado al hombre a proteger los recursos naturales existentes. Mediante la Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio, promulgada en 1983, en Venezuela se establecen la Áreas Bajo Régimen de Administración Especial (A.B.R.A.E.), donde se incluyen a todas aquellas áreas que de acuerdo a las características y potenciales ecológicas que poseen, han sido decretadas por el ejecutivo nacional para cumplir funciones productoras, protectoras y recreativas.

### **6.2.1. Área forestal**

Acciones de las culturas precolombinas de Guatemala que conservaban el ambiente natural: el estudio de los grupos étnicos de Guatemala ha identificado prácticas agrícolas y de manejo de recursos naturales, (Secaira 2000). Entre las características de la cultura maya más sobresalientes, en el tema de la conservación de la naturaleza, está la existencia de tecnologías sostenibles de manejo de los recursos naturales, que demuestran la presencia de una conciencia y una práctica ecológica característica de las comunidades indígenas, fruto de la racionalidad campesina. Esto es el resultado de una práctica de herencia ancestral precolombina sustentada en descubrimientos arqueológicos de campos elevados y terrazas agrícolas. Ejemplos notorios actuales se encuentran en los sistemas de terrazas irrigadas o “tablones”, el uso de la rotación de potreros de ovejas para fertilizar campos de cultivo, regadíos, huertos frutales, huertos de cacao con sombra de madre cacao, el uso de abonos verdes, etc.

Con la excepción del norte del Petén, el remanente boscoso más extenso del país se encuentra en áreas con población predominantemente maya. El 42 por ciento del área con población maya está cubierto con bosque en comparación con 32 % del área con población ladina. La conservación de los bosques se ha dado en el ámbito de los bosques comunales, que constituyen la evidencia más clara de una conciencia conservacionista. En ellos se conjugan elementos culturales como la cosmovisión, la práctica de la espiritualidad, y el manejo tradicional de los recursos naturales, con los elementos básicos del derecho consuetudinario: autoridades comunitarias, las normas de uso y acceso, y de procedimiento (Secaira, 2000).

Personaje e historia de la declaratoria del primer área protegida de Guatemala: a finales del mes de mayo de 1955, en la denominada Semana del Árbol, el presidente de la república, coronel Carlos Castillo Armas, acordó declarar los primeros parques nacionales legalmente establecidos en Guatemala, entre los que se encontraba el Parque Nacional Tikal. El 2 de septiembre de 1957 se delimitó, por Acuerdo Gubernativo, y tiene una extensión de 576 kilómetros cuadrados.

Continuidad en la administración gubernamental de las Áreas Protegidas: No todas las áreas decretadas han tenido continuidad en la administración. Durante el período de 1955 a 1960 se declaró el mayor número de áreas protegidas en la historia del país con casi el 50 % de las áreas protegidas existentes actualmente. Sin embargo su impacto en la conservación es limitado, ya que solamente cubre el 4,4 % del área total del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas, SIGAP. En varias de estas áreas protegidas, si ha habido continuidad en la administración gubernamental, a través de instituciones gubernamentales.

Es importante señalar que los 27 conos volcánicos del país declarados como zonas de veda definitiva en 1955, ninguna institución se hizo responsable de su administración. No es sino hasta la creación del Consejo Nacional de Áreas Protegidas, CONAP, en 1989 con la Ley de Áreas Protegidas, cuando realmente toma impulso la protección in situ de las áreas, asignando al CONAP la administración de todas las áreas declaradas previamente, y no asignadas por legislación vigente a otras instituciones gubernamentales, sin embargo no ha contado con los recursos necesarios para iniciar el manejo de dichas áreas.

### **6.2.2. Área rural**

El Plan de Ordenamiento Territorial (POT) establece seis zonas G que van desde lo más rural (G0) hasta lo más urbano (G5).

(24 %) Zona G0, natural. No se permiten construcciones para la ocupación humana.

(19 %) Zona G1, rural. Destinadas para la conservación de los recursos naturales con aptitud para la ocupación humana. Edificios hasta de 4 pisos con 70 por ciento de área verde.

(7 %) Zona G2, semiurbana. Predominancia de viviendas unifamiliares y áreas verdes. Aproximadamente 4 pisos con 40 por ciento de área verde.

(31 %) Zona G3 [urbana]. Por su distancia del sistema vial primario son aptas para edificaciones de mediana densidad de ocupación, con predominancia de viviendas multifamiliares. Edificios de aproximadamente 4 pisos con 10 por ciento de área verde.

(14 %) Zona G4 [central]. Predominan los edificios de mediana altura y alta densidad de ocupación con viviendas multifamiliares y usos del suelo compatibles con la vivienda. Edificios de aproximadamente 8 pisos con ocupación total del predio.

(5 %) Zona G5 [núcleo]. Predominan los edificios con torres y sótanos de estacionamiento. Los espacios verdes generalmente sólo son provistos en el espacio público. Edificios de aproximadamente 16 pisos. Ocupación total del precio. Uso no residencial libre.

Un piso= 4 metros de altura. En las G3, G4 y G5 puede aumentar el número de niveles si el desarrollador se acoge a los incentivos municipales como destinar más área verde u ofrecer facilidades para discapacidades físicas.

¿Cómo saber a qué área corresponde mi casa o terreno? Ingrese a la siguiente dirección de la página de la Municipalidad de Guatemala y descargue el mapa de la zona en donde se ubica la propiedad:

[http://pot.muniguate.com/reglamento\\_pot\\_mapa.php](http://pot.muniguate.com/reglamento_pot_mapa.php)

Fuente: [www.muniguate.com](http://www.muniguate.com).

### **6.2.3. Lugares turísticos**

El Instituto Guatemalteco de Turismo (INGUAT) es una entidad estatal descentralizada, con personalidad jurídica para adquirir derechos y contraer obligaciones y con patrimonio propio, de conformidad con su Ley Orgánica, Decreto No. 1701 del Congreso de la República de Guatemala. Su nombre no puede ser adoptado por ninguna entidad pública o privada. Actualmente tiene su sede en la ciudad de Guatemala y su jurisdicción se extiende a todo el territorio nacional. Asimismo, es la autoridad superior en materia de turismo en el país y representa a Guatemala ante las entidades similares de otros países y también ante los organismos internacionales del ramo. Debiendo también favorecer el turismo receptivo e interno. [1]

De acuerdo a lo establecido en su Ley Orgánica, el INGUAT queda obligado a desarrollar las funciones encaminadas al fomento del turismo interno y receptivo, tales como:

- a) Determinar cuáles son los lugares de atracción turística en el territorio nacional, con el objeto de evaluarlos y desarrollarlos, según su importancia, con apego a las prioridades previamente establecidas;
- b) Cooperar con las instituciones encargadas del mantenimiento, conservación, exhibición, restauración y conocimiento de nuestros tesoros arqueológicos, históricos y artísticos, aportando cuanto sea necesario para que, sin menoscabo de su integridad y pureza, dicha riqueza pueda aprovecharse en los planes de desarrollo turístico;
- c) Elaborar un plan de turismo interno, que permita un mejor conocimiento entre los guatemaltecos, como miembro de la comunidad nacional, a la vez que les depare la oportunidad de apreciar las manifestaciones de la cultura de las distintas regiones y la belleza de sus paisajes;
- d) Fomentar las industrias y artesanías típicas, colaborando en su desarrollo, promoviendo la apertura de nuevos mercados nacionales e internacionales, proporcionándoles informaciones que puedan beneficiar el mejoramiento de sus productos y aplicando los medios publicitarios de que disponga, para lograr una mayor demanda de los mismos;
- e) Habilitar playas, jardines, parques, fuentes de aguas medicinales y centros de recreación con sus fondos propios; y colaborar con las municipalidades respectivas, en la dotación de los servicios esenciales, y en el embellecimiento y ornamentación de los mismos, cuando tales zonas estén bajo su custodia;
- f) Construir hoteles o albergues, responsabilizándose en todo caso, de que tales construcciones respondan a las necesidades del turismo nacional, en cuanto a su funcionalidad y belleza y procurando que la arquitectura

de dichas construcciones esté en consonancia con el ambiente, uso y tradiciones de la zona. Dichas edificaciones, cuando sean hechas por cuenta propia, deben ser entregadas para su explotación a personas idóneas, en el sentido que se considere conveniente a los intereses de la Nación y especialmente al incremento del turismo;

- g) Divulgar las propiedades terapéuticas de las fuentes de aguas medicinales despertando el interés de los guatemaltecos y extranjeros por aprovecharlas;
- h) Organizar o colaborar en la celebración de ferias internacionales, nacionales, departamentales y locales; festivales folclóricos y ceremonias tradicionales;
- i) Divulgar los programas religiosos de los más venerados santuarios de la República y las fechas de las solemnidades más importantes;
- j) Disponer la construcción de aeródromos y vías de acceso a los lugares de interés turístico; y gestionar su ejecución ante el Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda;
- k) Emitir, previa opinión favorable de la Junta Monetaria, del Ministerio Público y llenando los requisitos que establecen las leyes, bonos de turismo para la construcción de obras autofinanciables, tales como hoteles, moteles, turicentros, funiculares y otras obras que tiendan a incrementar el turismo;
- l) Colaborar con el Instituto de Recreación de los Trabajadores en la organización de sistemas de turismo obrero, y con los establecimientos de enseñanza, en la promoción del turismo escolar, para los cuales el

INGUAT, de común acuerdo con los propietarios o arrendatarios de hoteles, debe fijar tarifas especiales en temporadas apropiadas, que permitan el fácil conocimiento de las diferentes zonas turísticas al mayor número de personas de escasos recursos;

- m) Fundar por cuenta propia y con la ayuda de las universidades, una escuela de turismo, en colaboración con las entidades interesadas en esta materia; abrir centros de capacitación y de adiestramiento para el personal al servicio del turismo y otorgar becas para que los guatemaltecos que se distinguen o tengan vocación, puedan asistir a escuelas del extranjero con iguales fines;
- n) Orientar la organización y funcionamiento de las asociaciones, comités y otras entidades que se constituyan con fines de promoción turística;
- o) Inscribir, clasificar e inspeccionar el funcionamiento de las empresas turísticas, para que puedan operar en el país;
- p) Autorizar, de acuerdo con la clasificación por categorías, previamente establecida por el INGUAT, las tarifas máximas de los hoteles, moteles, pensiones, autobuses y taxis dedicados al turismo, y controlar la observancia de las mismas. La clasificación podrá ser revisada, a solicitud de parte, tomándose en cuenta todas las circunstancias, en cada caso;
- q) Formar y mantener actualizado, bajo su más estricta responsabilidad, el inventario turístico del país;

- r) Proporcionar toda la información que se le solicite, sobre lugares, servicios y cualquier objetivo turístico;
- s) Imprimir el mapa vial de Guatemala, buscando su mejor presentación y calidad, y actualizarlo cada año; editar folletos y guías que contengan información sobre todos los asuntos de interés que se mencionan en el inciso anterior;
- t) Empezar periódicamente campañas publicitarias dirigidas al turismo interior, a fin de que durante los períodos de vacaciones, los guatemaltecos visiten los centros de recreación del país;
- u) Imponer las sanciones correspondientes a las personas que infrinjan esta ley o sus reglamentos;
- v) Solicitar al Ejecutivo que se entreguen las zonas turísticas a su custodia;
- w) Organizar con las entidades encargadas, o especializadas, partidas de caza y pesca, en lugares turísticos, empeñándose en crear temporadas y competencias; y
- x) Fomentar por todos los medios a su alcance, el turismo interior y receptivo.

Las funciones específicas del INGUAT, para promover el turismo receptivo dentro del país, son:

- a) Fomentar y estimular la inversión de capital guatemalteco o extranjero, en hoteles y centros de recreación dedicados al turismo, proporcionando

las informaciones que se le soliciten en todo lo relativo a impuestos, tasas, incentivos y demás datos que puedan fundamentar los estudios previos de inversión;

- b) Hacer por cuenta propia, en periódicos, revistas, radio, televisión y otros medios que se considere igualmente adecuados y eficaces, del extranjero, frecuentes campañas de promoción turística, que divulguen nuestras bellezas naturales, riquezas arqueológicas, centros de deporte y recreación social, de descanso y esparcimiento, con el objeto de atraer a Guatemala la corriente turística de otros países;
- c) Prestar toda su colaboración y usar su influencia para que las compañías de transporte internacional, agencias de viajes, cadenas de hoteles y empresas de cualquier otra índole, relacionadas con el turismo, por su cuenta hagan campañas de promoción a favor de Guatemala, en el extranjero;
- d) Proporcionar a los consulados de Guatemala, toda clase de propaganda e información para que puedan incrementar el turismo a nuestro país y resolver las consultas que se les dirijan;
- e) Imprimir libros, folletos y carteles sobre Guatemala; producir películas documentales, fotografías y todo el material necesario, de cualquier naturaleza que sea, que pueda usarse en la promoción turística;
- f) Establecer contacto con universidades, centros de enseñanza media, cámara de comercio e industria y otras entidades o instituciones del extranjero que se interesen en nuestro país, para promover viajes de negocios, estudio o recreación;

- g) Integrar con la colaboración de las embajadas y consulados de nuestro país, y otras entidades que se considere convenientes, las Asociaciones de Amigos de Guatemala, que colaboren con el INGUAT en la divulgación de nuestra propaganda turística;
- h) Organizar y llevar a cabo cursillos de orientación y enseñanza, dirigidos a los empleados de aduanas, migración policía y otras entidades que tengan contacto con el turismo exterior, para enseñarle formas de trato social al turista;
- i) Fomentar la integración de conjuntos musicales y de otra índole, de guatemaltecos que vistán los trajes típicos de las distintas regiones del país y actúen en bares, restaurantes y lugares públicos, ofreciéndoles el diseño del traje y la ayuda que sea compatible con los propósitos de incremento turístico y las posibilidades del INGUAT;
- j) Ofrecer en lugares adecuados representaciones de danza y bailes folklóricos con la mayor periodicidad posible, para al cual el INGUAT debe preocuparse por integrar los conjuntos que sean necesarios
- k) Organizar, colaborar y participar en los eventos nacionales e internacionales relacionados con el turismo;
- l) Celebrar acuerdos con entidades similares de México, Centroamérica y otros países, para el establecimiento de circuitos turísticos que incluyan a Guatemala.

- m) Ejercer todas las demás funciones que tiendan a crear e incrementar atracción turística por nuestro país.

Con la intención de agilizar el trámite para la obtención de licencias de obra y/o usos de suelo, la Dirección de Control Territorial a través de la Ventanilla Única de la Municipalidad de Guatemala ha implementado la modalidad de Licencias Express, con un tiempo de respuesta promedio de 3 días hábiles.

Ser obras menores de 30 metros cuadrados de cualquier tipo.

Ser obras menores de 500 metros cuadrados para uso de vivienda.

El inmueble en el cual se va desarrollar el proyecto debe estar actualizado en la base de datos de la Dirección de Catastro y Administración del IUSI y en el mapa catastral (mapa POT).

Que el predio NO se encuentre ubicado dentro del perímetro del Centro Histórico o régimen especial (Santa Clara o Cantón exposición).

Que en el inmueble no cuente con paso de servidumbre de drenajes o agua potable.

Que el predio NO esté afecto a alineación.

Que el predio NO se vea afectado por más de una zona general.

Que sea una solicitud de autorización de estructuras (cambio de techo, muro perimetral, cisterna, piscina)

Cambios de usos comerciales menores de 200 metros cuadrados (excepto salones de belleza, peluquería, carnicerías, clínicas de deshechos biológicos, médicos u hospitalarios, consumo de comidas y bebidas, oficinas mayores a 100 metros cuadrados en área residencial y usos con actividades condicionadas, según la normativa POT).

Remodelaciones

Demoliciones

Movimiento de tierras menor a 900 metros cuadrados

#### **6.2.4. Áreas protegidas**

El área forestal forma parte de grupo Nacional de Áreas Protegidas se presentan los antecedentes históricos, biodiversidad, legislación ambiental, arreglos institucionales, planes maestros, infraestructura y equipo, recursos humanos y financiamiento de las áreas. Además se aborda participación social así como la investigación, educación, capacitación, difusión y divulgación. También, el manejo y aprovechamiento de recursos naturales, turismo, vigilancia y aplicación de la ley, tenencia de la tierra, coordinación intergubernamental, cooperación internacional, evaluación, problemática, así como un balance a partir de la Cumbre de la Tierra.

Clasificación usada en Guatemala para describir los biomas: la representatividad de los ecosistemas en el SIGAP, la clasificación oficial usada en Guatemala es por zonas de vida según Leslie Holdridge (1978). En la Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Sostenible de la Biodiversidad, también se utilizan las siguientes clasificaciones: Biomas de Luis Villar (1998) y Ecorregiones de Dinerstein E. et. al. (1995).

Tipos representados en Guatemala: 10 Zonas de vida según Holdridge representadas en el SIGAP, basados en criterios de representatividad mínima de al menos 10 % de la zona de vida en el país.

Tabla III. **Zona de vida representadas**

<b>Zonas de Vida Representadas</b>	<b>Porcentaje</b>
Bosque húmedo subtropical cálido (bh-Sc)	7,1
Bosque pluvial montano bajo (bp-MB)	4,8
Bosque muy húmedo subtropical templado (bmh-St)	2,1
Bosque pluvial subtropical (bp-S)	1,0
Bosque muy húmedo subtropical cálido (bmh-Sc)	1,7
Bosque muy húmedo Montano Bajo (bmh-MB)	0,7
Bosque muy húmedo Montano (bmh-M)	0,4
Bosque muy húmedo Tropical (bmh-T)	2,4
Bosque húmedo subtropical templado (bh-St)	0.3
Bosque seco subtropical (bs-S)	0.02

<b>Zonas de Vida No Representadas</b>	<b>Porcentaje</b>
Bosque húmedo Montano (bh-M)	0
Bosque seco tropical (bs-T)	0
Bosque húmedo Montano Bajo (bh-MB)	0
Monte espinoso subtropical (me-S)	0

Fuente: Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Guatemala.

El SIGAP y los Biomas (Villar, 1998)

La propuesta de Biomas de Luis Villar definida como la agrupación más o menos numerosa y extensa de ecosistemas terrestres que mantienen entre si definidas filiaciones y relaciones estructurales y funcionales. Asimismo, estos biomas tienen distintos ecosistemas (biotopos o asociaciones ecológicas menores).

**Tabla IV. Descripción en porcentaje de los Biomas representados en el SIGAP**

<b>Biomas representados en el SIGAP</b>	<b>Porcentaje</b>
Selva Tropical húmeda (STH)	<b>7</b>
Selva Tropical Lluviosa (STLL)	<b>1,97</b>
Chaparral Espinoso (CHE)	<b>0</b>
Selva Subtropical húmeda (SSH)	<b>0,05</b>
Sabana Tropical húmeda (STH)	<b>0,02</b>
Selva de Montaña (SM)	<b>0,02</b>
Bosque de Montaña (BM)	<b>0,4</b>

Fuente: Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Guatemala.

### **6.3. Impactos medio ambiente etapa de construcción**

Los impactos más importantes relacionados con la construcción son aquellos que corresponden a la limpieza, nivelación o construcción del piso: pérdida de la capa vegetal, exclusión de otros usos para la tierra; modificación de patrones naturales de drenaje; cambios en la elevación de las aguas subterráneas; deslaves, erosión y sedimentación de ríos y lagos; degradación del paisaje o destrucción de sitios culturales; e interferencia con la movilización de animales silvestres, ganado y residentes locales. Muchos de estos impactos

pueden surgir no sólo en el sitio de construcción sino también en las pedreras, canteras apropiadas y áreas de almacenamiento de materiales que sirven al proyecto. Adicionalmente, pueden darse impactos ambientales y socioculturales adversos en proyectos tanto de construcción como de mantenimiento, como resultado de la contaminación del aire y del suelo, proveniente de las plantas de asfalto, el polvo y el ruido del equipo de construcción y la dinamita; el uso de pesticidas, derrame de combustibles y aceites; la basura; y, en proyectos grandes, la presencia de mano de obra no residente.

### **6.3.1. Caminos**

Los impactos directos por el uso de las vías terrestres pueden incluir: mayor demanda de combustibles para los motores; accidentes con los medios no motorizados de transporte o el reemplazo de los mismos; mayor contaminación del aire, ruido, desechos a los lados del camino; daños físicos o muerte a animales y personas que intentan cruzar la vía; riesgos de salud y daños ambientales a raíz de los accidentes con materiales peligrosos en tránsito; y contaminación del agua debido a los derrames o la acumulación de contaminantes en la superficie de los caminos.

Una amplia gama de impactos indirectos negativos han sido atribuidos a la construcción o mejoramiento de las vías terrestres. Muchas de estos son principalmente socioculturales. Estos incluyen: la degradación visual debido a la colocación de carteles a los lados del camino; los impactos de la urbanización no planificada, inducida por el proyecto; la alteración de la tenencia local de tierras debido a la especulación; la construcción de nuevos caminos secundarios, primarios y terciarios; el mayor acceso humano a las tierras silvestres y otras áreas naturales; y la migración de mano de obra y desplazamiento de las economías de subsistencia.

La construcción de caminos y carreteras puede incrementar la demanda de vehículos motorizados, combustibles y lubricantes. Si estos deben ser importados, se puede agravar el problema del balance de pagos. Puede deteriorarse la calidad del aire a nivel local o regional, y aumentará el aporte a los gases de efecto invernadero.

### **6.3.2. Suelos**

La zona donde se ubica el proyecto de construcción abarcará poblaciones, ciudades o municipios y es probable que pase por un lado de la mancha urbana, así que el uso del suelo debe definirse ya sea como rural, semiurbano o urbano además de indicar si existen terrenos que tengan sembradíos de riego o de temporal.

La mejor tierra agrícola, relativamente plana y con buen drenaje, proporciona una ruta ideal para las vías terrestres, y muchos son colocados allí. En sí, la pérdida de tierra para el derecho de paso puede ser relativamente insignificante y normalmente se toma en cuenta al decidir si procede con un proyecto. Sin embargo, el fenómeno del desarrollo inducido, junto con el aumento del valor de la tierra por los caminos, puede resultar en la conversión de grandes áreas de tierra agrícola a otros usos. Tales conversiones pueden tener impactos negativos sobre los programas nacionales para agricultura sostenible y la autosuficiencia, así como sobre la viabilidad de la economía agrícola local.

### **6.3.3. Excavaciones**

En esta etapa el titular realiza la nivelación del terreno, las excavaciones necesarias para la construcción de los estacionamientos subterráneos y la colocación de los basamentos de la obra gruesa.

Para la nivelación y excavación inicial del terreno, la constructora utiliza maquinaria mayor, del tipo bull-dozer, motoniveladoras, rodillos hidráulicos y retroexcavadoras, las cuales tienen diferentes efectos sobre el componente aire. En primer lugar, la operación de esta maquinaria levanta polvo y material en suspensión del terreno, conocido también como material particulado (MP).

De este material, existe una porción que posee un diámetro menor a 10 micrones, que es nocivo para la salud humana y que se denomina MP-10. Este material en suspensión es levantado desde el terreno y de acuerdo al comportamiento de los vientos puede ser arrastrado a varios kilómetros de distancia, por lo que la dimensión territorial de dicho impacto se debería evaluar de acuerdo a los vientos reinantes en condiciones normales que existen en el período de excavación y movimientos de tierras.

La dispersión de este material también puede afectar la visibilidad del sector, lo cual no sólo puede afectar los índices de accidentabilidad al interior de las faenas, sino también al aumento del riesgo de accidentes vehiculares y atropellamientos de peatones en las calles y avenidas aledañas al proyecto. Finalmente, la dispersión de MP-10 afecta la visibilidad de las aves de la Reserva Costanera Sur y causa irritación en las mucosas de aves y mamíferos del sector, afectando los ojos, sistema olfativo y respiratorio.

En términos de prevención y mitigación de estos efectos por parte del Titular, se pueden realizar diversas actividades que disminuyan la dispersión del material particulado. Ellas pueden ser la humectación de las superficies a ser removidas, la realización de faenas en las horas con menores velocidades de viento, en las cargas de camiones con tierra disminuir la altura de descarga, humedecer los neumáticos que se retiran de las faenas para no dispersar el material en calles aledañas, recubrimiento de los cierres perimetrales de las obras con redes de nylon, etc.

Los impactos ambientales no sólo tienen un efecto inmediato, sino que pueden tener un efecto acumulativo, lo cual deriva en situaciones que podrían manifestarse años después de finalizadas las obras. En el caso del material particulado respirable (MP-10) este efecto crónico se visualiza en los trabajadores y operarios que han sido expuestos sistemáticamente a dicho material por un período determinado de tiempo, como sucede en el proyecto en cuestión. Por lo tanto, se recomienda el uso de equipo de protección personal adecuado por parte de los trabajadores, consistente en barbiquejos con filtro o máscaras con filtro para material particulado, además de algún recubrimiento en los ojos como antiparras o lentes de seguridad que no permitan el paso de este material. Este equipo de seguridad debiera ser provisto por el titular para resguardar la salud física de sus trabajadores.

Otro efecto de estas maquinarias sobre el aire es la contaminación acústica que se produce por el movimiento y operación de la maquinaria pesada. Como ya se ha visto en el punto anterior, este aspecto impacta tanto al medio humano como al biótico, por lo que debe minimizarse su uso a lo estrictamente necesario. Como es una operación que no puede ser realizada manualmente, se deben restringir los horarios, realizar mantenciones técnicas y mecánicas de las maquinarias para que ofrezcan el menor impacto posible y

concentrar las operaciones en los períodos con menos vientos, ya que también éste actúa como un dispersor del ruido.

Asimismo, es necesario considerar que las maquinarias descritas anteriormente para esta etapa funcionan generalmente con petróleo, lo cual ocasiona una emisión de gases contaminantes a la atmósfera, como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y gases nitrosos (NO<sub>x</sub>). Estos gases son nocivos para la salud humana en emisiones muy concentradas y en situaciones donde existe poca dispersión de los mismos por efectos de vientos (poco viento, capas de inversión térmica, vientos descendentes). Asimismo, impactan negativamente a las aves del sector. Para controlar los efectos adversos de estos gases se puede operar con maquinarias con convertidores o filtros catalíticos, realizar adecuadas y pertinentes mantenciones y cambios de los filtros de hidrocarburos y evitar las operaciones en días con condiciones meteorológicas adversas para la dispersión de los gases.

De acuerdo con los antecedentes informados por el proyecto, el basamento de cocheras tiene dos niveles subterráneos y se completa con dos piletas y otras áreas de servicios. Las fundaciones se hicieron con 64 pilotes de 1,30 de diámetro a 38 metros de profundidad. Asimismo, informa en su Plan de Mitigación de Obra que “la construcción de los subsuelos va a interferir indefectiblemente con las napas de agua, por lo tanto, será necesaria la depresión de la napa mediante un sistema de pozos de electrobombas sumergibles interconectados con cañerías de drenaje, canalizando el desagüe directamente a la red pluvial o en su defecto conducidas sin más al bañado de la costanera del río, que se encuentra en la inmediatez. Se entiende que las aguas extraídas en esa zona no están contaminadas, razón por la cual pueden ser vertidas al río.”

En primer lugar es importante señalar que nuevamente esta operación ofrece efectos acústicos sobre el nivel basal original en el sector, tanto en la instalación de los pilotes como en el funcionamiento de las electrobombas sumergibles para deprimir las napas. Las medidas de mitigación relacionadas a este aspecto son similares a las descritas anteriormente, sin perjuicio de que el efecto del ruido proveniente de un nivel subterráneo pueda ser menor a los anteriores (maquinarias y desmalezamiento) y de que las electrobombas sumergibles de última generación han disminuido considerablemente la emisión de ruido en sus versiones más recientes.

Es preciso agregar que el efecto inmediato de la instalación de los postes lo va a soportar el conjunto de trabajadores y operarios de estas faenas. Más allá del efecto inmediato, como una sordera transitoria, mareos y desorientación, el trabajador sometido a este impacto por un período determinado puede evolucionar hacia enfermedades crónicas de carácter laboral y profesional, como una hipoacusia severa. Por lo tanto, se recomienda que el titular provea del equipo de protección personal adecuado a estos operarios, consistente en protectores auditivos, los cuales pueden ser internos o externos, de acuerdo al tiempo de exposición, a su frecuencia y a su intensidad.

La operación de la instalación de los 64 postes de 1,30 metros de diámetro y a 38 metros de profundidad genera un fuerte impacto en términos de vibraciones. Estas vibraciones son transmitidas a través del suelo y, en caso de existencia de napas subterráneas, a través del agua. Es necesario prever que a través del agua las vibraciones se transmiten más rápido y más lejos.

Estas vibraciones pueden tener efectos adversos sobre el medio humano construido. Su intensidad podría provocar quebraduras de vidrios en edificios cercanos, caídas de objetos y daños materiales en los mismos edificios,

rajaduras y contracciones de pavimentos de aceras y calzadas cercanas, inclinaciones y hasta caídas de postaciones eléctricas, etc. A los seres humanos no genera efectos sobre la salud, pero sí riesgo de pánico o inseguridad en habitantes no acostumbrados a estas vibraciones por no residir en un área considerada sísmica.

También tiene un efecto insospechable sobre la fauna que reside en el hábitat de la Reserva Natural Costanera Sur. Esta área se caracteriza por soportar ecosistemas que mantienen una cadena trófica sustentada en reptiles y pequeños mamíferos, sobre todo roedores. Ambos tipos de animales construyen sus guaridas bajo tierra y aunque se alimentan en superficie, transcurren la mayor parte de su tiempo en ambientes subterráneos. Para ellos, el impacto de las vibraciones es enorme, por cuanto los puede llevar a abandonar sus madrigueras ante la incomodidad de las vibraciones o el peligro de desmoronamiento de las mismas. El abandono de madrigueras subterráneas para residir en otros refugios en superficie pone en riesgo su vida ante el acecho de sus predadores naturales, alterando los equilibrios de energía trófica de la cadena alimentaria, lo que podría ocasionar un daño mayor a todo el ecosistema natural de la reserva.

Para descartar que el proyecto pudiera ocasionar un daño ambiental de tal magnitud, el titular debiera encargar un estudio técnico de vibraciones que le permitiera calcular la dispersión territorial que va a tener las vibraciones. Este cálculo no sólo depende de la intensidad y frecuencia de las vibraciones emitidas por la instalación de los 64 pilotes, sino que deben agregarse variables como la calidad de los suelos circundantes, su mecánica de suelos y rocas, su estructura geológica, la existencia de napas subterráneas que faciliten la transmisión, entre otras.

A partir de ello se debiera realizar un modelamiento de la dispersión de las vibraciones y determinar un área de influencia del proyecto en función de dicho modelo. Una vez realizado esto, se debiera verificar si dichas vibraciones llegarán a la reserva y, si es así, realizar un registro meticoloso de los individuos de reptiles y roedores que pudieran tener madrigueras en dicha área. Aunque es posible que sea a través de una negociación o de un convenio con la administración de la reserva, se debiera trasladar temporalmente a dichos individuos a sectores fuera del área de influencia de las vibraciones, compensando adecuadamente a la institución encargada de la protección de dichos ejemplares.

Finalmente, y no por ello menos importante, es necesario abordar el tema del manejo de las posibles napas freáticas que pudiese atravesar el titular en su tarea de instalar los 64 pilotes.

Es muy probable la existencia de dichas napas, sobre todo en este sector tan cercano al río de la Plata. La depresión de las napas con electrobombas pudiese tener efectos adversos sobre el normal gradiente hídrico del acuífero, pero se asume que la recarga del mismo mediante lluvias no provocaría situaciones de cuidado en el mediano y largo plazo.

A pesar de ello, es necesario hacer una serie de consideraciones a la proposición de desagüe de esta agua realizada por el titular. Para realizar la descarga a la red pluvial urbana de la ciudad, habrá que estimar previamente el caudal que se espera extraer con los pozos de bombeo, ya que una sobrecarga de la red pluvial pudiese provocar un rebalse de la misma, dificultando no sólo el tránsito del sector, sino también la posible generación de estancamiento de las mismas que pudiesen provocar efectos ambientales adversos (proliferación de insectos, malos olores, etc.).

En el caso de ser “conducidas sin más al bañado de la costanera del río”, se debe ser cuidadoso en los caudales a ser conducidos hacia el bañado ya que, a pesar de que a primera vista se ve como un humedal capaz de soportar niveles inmensos de agua, es en realidad un ecosistema en perfecto equilibrio cuyas características pudiesen ser alteradas drásticamente si se aumentan de manera rápida sus caudales. Aunque en términos naturales una inundación posee un efecto similar y el ecosistema se recupera y se regenera en el mediano plazo, los efectos inmediatos igual son grandes. Por otra parte, el impacto ambiental causado por una obra humana no posee la misma justificación moral que aquellos causados por un fenómeno natural.

Más allá del problema de los caudales, se hace imperativo que, ante la descarga de las aguas al bañado de la costanera del río, se realice un examen físico a las aguas bombeadas desde las napas freáticas. Esto debido a que las condiciones de temperatura, Ph, turbidez y TSD (Sólidos Totales Disueltos) pudiesen ser considerablemente diferentes a las reinantes en el bañado, lo que podría alterar ciertos elementos del ecosistema como la microflora, la flora arbustiva y la microfauna, extendiéndose gradualmente su impacto al resto de la cadena alimentaria del ecosistema.

Aunque el titular postula “que las aguas extraídas en esta zona no están contaminadas, razón por la cual pueden ser vertidas al río”, no adjunta ni presenta ningún análisis químico de las mismas. Este análisis es de suma importancia, ya que habrá de dispersar las dudas acerca de la concentración de elementos químicos en las aguas y si alguna de estas concentraciones superan normas de carácter nacional o internacional, ya sean estas normas primarias (que afecten la salud humana) o secundarias (que afecten a la flora y fauna).

Se puede dar el caso de que la calidad química del agua de las napas se vea alterada también por elementos orgánicos, como coliformes fecales si es que existieran aguas arriba en el acuífero contactos imprevistos de las napas con redes de alcantarillado. Este aspecto también debiera ser estudiado, por cuanto el exceso de materia orgánica también puede afectar negativamente al bañado, además de provocar malos olores y aumento de insectos.

Para prevenir cualquier efecto adverso al respecto, también el titular puede disponer de un análisis de las características físicas y químicas del bañado de la costanera del río ya que, en caso de que sus características fueran similares a las de las aguas extraídas de los pozos de bombeo y estas no superaran ninguna norma primaria ni secundaria de calidad de aguas, podrían disponerse en el bañado, siempre teniendo en cuenta lo relativo al caudal desaguado, ya mencionado con anterioridad.

#### **6.4. Manejo de desperdicios**

En el ámbito internacional, la generación de Residuos de la Construcción y Demolición (RCD) ha originado una serie de iniciativas, sobre todo en Europa, conducentes a estudiar sus características, optimizar su disposición y a incentivar su disminución.

Aunque no revisten una mayor peligrosidad que los residuos industriales, los RCD son conocidos por su gran tamaño y volumen, y por el excesivo peso por volumen que presentan, lo que agrega un desafío mayor a la hora de diseñar vertederos o depósitos para disponer tales residuos.

Es normal que las construcciones de hormigón, como la que presenta el proyecto, produzcan grandes cantidades de metros cúbicos de escombros, a raíz del gran material sobrante que se descarta durante la construcción.

En otros proyectos de arquitectura en hormigón se ha calculado que la relación entre los metros cúbicos ( $m^3$ ) de residuos generados por cada metro cuadrado ( $m^2$ ) construido es del orden de 0,15, es decir que cada 10 metros cuadrados construidos se generan 1,5 metros cúbicos de escombros.

Ahora bien, sabido es que los escombros no presentan superficies planas ni homogéneas y que su gran volumen produce que, a la hora de disponerlos en un depósito, se generen espacios intersticiales entre los escombros, lo que se denomina esponjamiento del material. Estos espacios intersticiales generalmente se rellenan automáticamente con tierra o elementos de escombros más finos. Esta situación hace que el volumen total de los escombros crezca de acuerdo a un índice de esponjamiento.

Dicho índice se sitúa entre 0,3 y 0,35 por cada metros de escombros, y al ser multiplicado por la cantidad de estos, arroja un valor que indica los metros cúbicos adicionales producto de este esponjamiento o generación de espacios intersticiales, los cuales, ciertamente no pueden ser llenados totalmente.

Si se aplican estas cifras al proyecto, se puede establecer que si se van a construir 57,190 metros cuadrados, se van a generar espontáneamente 8 578,5 metros cúbicos de escombros: Si a ello le se suman los metros cúbicos adicionales por esponjamiento (que son entre 2 573,55 y 3 002,48), se va a contar con cerca de 11,370 metros cúbicos.

Esta enorme cantidad de escombros debe ser calculada en términos de toneladas para establecer su peso y poder calcular el número de camiones necesario para evacuar los RCD hacia un vertedero autorizado. Tomando en cuenta el peso del hormigón y sus residuos derivados, es posible estimar que el peso de cada metros cúbicos de escombros posee un peso que se ubica entre las 1,5 y 1,9 toneladas.

Por lo tanto, el cálculo resultante es que los 11,370 metros cúbicos de escombros tendrían un peso estimado entre 17,055 y 21,603 toneladas, arrojando un promedio de 19,329 toneladas.

Esta cifra permite estimar el impacto vial que tendría exclusivamente la operación de ir a disponer estos escombros a un vertedero autorizado para aceptar estos residuos. Tomando un valor normal del mercado, se puede estimar que estos recorridos se realizarán en camiones con capacidades de carga de 20 toneladas.

De esta manera, la cantidad de camiones con escombros que circularían durante la etapa de construcción es del orden de 966 camiones, distribuidos en los meses de construcción de ambas torres.

Asimismo, el titular debería estimar la cantidad de metros cúbicos y toneladas de tierra que serán removidas para la excavación de los 64 pilotes y la apertura de las plantas libres subterráneas donde se van a disponer las cocheras. Dicha cubicación permitirá al titular estimar la cantidad de camiones que se sumarán a los 966 ya descritos.

En virtud de esta cantidad total de camiones, el titular deberá estimar el impacto vial causado por esta actividad de retiro de residuos de construcción, conformados por los escombros y la tierra removida. Para ello, al igual que con los camiones hormigoneros, deberá establecer la ruta que seguirán estos camiones, definiendo un vertedero autorizado para la disposición final de los RCD, su ubicación, distancia al proyecto, establecer las rutas, identificar las esquinas y cruces entre calles más conflictivos, establecer horas de transporte del material, etc.

Adicionalmente, y debido a lo volátil de la carga de escombros, que siempre es acompañada de tierra y material particulado fino respirable (MP10), el Titular debiera establecer una serie de condiciones que ayuden a mitigar el impacto que la dispersión del MP10 causaría en las personas y flora y fauna cercanas. Entre estas medidas se podría nombrar el recubrimiento del material arriba del camión con una lona o malla fina y el lavado de los neumáticos al interior del recinto para evitar arrastre de MP10 a las calles aledañas.

Por otra parte, la responsabilidad ambiental del titular no se termina en el ámbito de su lote a construir, sino que se extiende hasta la disposición final de los RCD en el vertedero autorizado, por más que esta operación de transporte y descarga la realicen terceros o empresas ajenas al titular.

Por ello, es preciso que el titular supervise la manera en que se van a disponer estos residuos en el vertedero, el ordenamiento de los RCD en celdas o acumulación y el recubrimiento de ellos, con el fin de minimizar los impactos causados por la dispersión de MP10 en estas operación.

#### **6.4.1. Desperdicios sólidos**

El diagnóstico de la gestión de los desechos sólidos en Guatemala (Diagnóstico del Manejo de Desechos Sólidos Municipales en Guatemala, Proyecto SIGA/SICA-CCAD, 1999) indica que los desechos sólidos representan un problema especialmente grave en cuanto a contaminación. Sólo en la ciudad capital existen más de 1 000 botaderos de basura no autorizados.

El mismo problema se observa en los centros poblados de todo el país, dando una clara impresión de la precaria gestión ambiental actual de los residuos sólidos del país. Guatemala es un país con gran potencial turístico y ecoturístico, por lo que es clara la importancia de rediseñar y modernizar la gestión de los residuos sólidos.

Se considera que es indiferente que el servicio de manejo de RS sea municipal o privado pero que, en todos los casos, la municipalidad debe efectuar el cobro (ya sea domiciliario o comercial) para mantener el control sobre esa fuente de ingresos y estar seguro de su uniformidad y efectividad. En este punto, sólo Quetzaltenango, segunda ciudad del país, cumple con este requisito. Todos los demás municipios, en diferente grado, se encuentran lejos de cumplirlo.

En cuanto a la recolección y transporte de los RS el sistema utilizado en Quetzaltenango se considera óptimo ya que tiene la capacidad de recolectar el 90 % de los residuos. Este sistema consiste en el pago obligatorio del servicio de manejo de residuos sólidos mediante una "tarifa unificada", en la cual se integran los recibos de luz eléctrica, agua domiciliar y servicio de recolección de basura. Este es el único municipio que ha logrado tan amplia cobertura. En todos los demás, ya sea el servicio privado o municipal, el pago es optativo para

los vecinos. Los que no lo efectúan, botan sus desechos en cualquier lugar, instalando botaderos clandestinos por doquier.

El grado de cobertura en los demás municipios es muy bajo, incluida la capital, que no sobrepasa el 55 % de cobertura. Esto evidencia, además de la decisión política para imponer el pago obligatorio, la necesidad de campañas educativas y motivacionales entre la población.

En todos los casos en que la recolección es municipal, la tarifa no alcanza a cubrir los costos, por lo que la municipalidad debe subvencionar el servicio. En el caso de Quetzaltenango, en la que la recolección es privada y el cobro es municipal, la tarifa apenas alcanza para cubrir los costos.

El resto del manejo de residuos sólidos es subsidiado. En condiciones óptimas las entidades encargadas del manejo de los residuos sólidos deberían tener maquinaria y equipo suficiente y en razonable buen estado, sin embargo, en la mayoría de los casos, los vehículos recolectores son camiones muy deteriorados. En pequeño porcentaje, existen unidades de recolección de residuos sólidos que son accionadas por tracción animal.

En lo relativo a la recolección, los municipios, además del de la capital, que han desarrollado, hasta cierto punto, un sistema de recolección, son: Escuintla, Quetzaltenango, Panajachel, Huehuetenango, Flores/Santa Elena, San Benito, Esquipulas, Salamá, San Pedro Carchá, Retalhuleu, Chichicastenango, Santa Cruz del Quiché, Antigua, Jocotenango, Ciudad Vieja y San Lucas Tolimán. Sin embargo, se debe hacer notar que en muchos de estos municipios la cobertura es muy baja. por lo que si bien tienen algún equipo (municipal o privado) en regular estado para la recolección, el mismo no

sería suficiente para un mayor nivel de cobertura, sin mencionar el equipo y maquinaria para tratamiento y disposición final, generalmente, inexistente.

En el caso de la separación de la basura debería dividirse esta en orgánica e inorgánica y, dentro de esta última, entre la constituida por material inorgánico reciclable (vendible) y la no reciclable o de rechazo inerte. De allí que se considere que lo óptimo es la separación domiciliar, pero ésta es muy difícil de lograr, razón por la cual deberá ser opcional y gradualmente introducida.

En cambio, sí se considera indispensable la separación entre lo orgánico y lo inorgánico en los sitios destinados al tratamiento, pues esa separación permite, sin mayores inconvenientes, producir compost. En este punto sólo los municipios de San Lucas Tolimán y Quetzaltenango se encuentran realizando, parcialmente, la separación.

En el primer caso la cobertura de recolección es muy limitada y la separación se lleva a cabo en condiciones muy precarias. En el segundo, la actual planta procesadora y aún la que se encuentra en construcción, no cubren el total de lo generado. Además, se encuentran ubicadas dentro del casco urbano, lo que se considera inconveniente por la acumulación desmedida de material recuperado y de rechazo, que deberá cargarse y transportarse de nuevo hasta su destino final.

En el caso de otros municipios la tarea de separación está pendiente y no se realiza en la actualidad. La selección, encaminada a efectuar algún tipo de reciclaje, es conveniente como una fuente de ingresos para el proceso de MRS y una manera de disminuir volúmenes y molestias en los sitios de disposición final. Pero la viabilidad del reciclaje será variable, para cada caso y municipio,

de acuerdo a los costos de transporte de los materiales hasta los compradores finales, los cuales generalmente se encuentran cerca de la ciudad capital, y al volumen de cada material reciclable que se pueda obtener en los respectivos municipios.

En este momento el municipio que ha alcanzado un mayor desarrollo en cuanto a separación y reciclaje es el de San Lucas Tolimán. Sin embargo, su nivel de recolección es bastante bajo. Quetzaltenango ha estado reciclando y tiene contemplado incrementar la cantidad de residuos sólidos reciclados cuando termine una nueva planta recicladora, actualmente en construcción. Flores/Santa Elena, Salamá, San Jerónimo y San Miguel Chicaj y San Marcos llegarán a esta etapa en plazos relativamente breves. El resto de los municipios, si bien algunos lo tienen contemplado en sus planes, se encuentran bastante lejos de llegar aquí.

Con respecto al tratamiento se considera óptimo el compostaje del material orgánico, ya que este disminuye por lo menos en un 30 % el volumen final de la basura a enterrar, reduce considerablemente la proliferación de moscas, cucarachas, roedores y aves de rapiña y produce con su venta un ingreso considerable, el que puede incluso llegar a cubrir los gastos del tratamiento y la disposición final. Además, hay que tomar en cuenta que se aminora el riesgo de contaminación de los acuíferos por los lixiviados.

El compostaje puede ser hecho en cámaras cerradas (caso Alameda norte en la ciudad de Guatemala) o a cielo abierto. De los dos sistemas se recomienda el primero, puesto que si bien requiere una inversión inicial mayor, elimina totalmente la contaminación y el mal olor y necesita de mucho menos personal y maquinaria que el de cielo abierto por volteos sucesivos. Aquel, además, asegura que el proceso se mantenga, pues prácticamente el compost

se hace sólo. Los resultados han sido muy satisfactorios, como lo demuestra la experiencia en la planta piloto.

De todos los municipios encuestados sólo San Lucas Tolimán está realizando compostaje, pero a cielo abierto (sin volteos sucesivos). Pretende seguir con este método en el futuro. En los poblados que tienen proyectos en construcción, como es el caso de Quetzaltenango, Flores y Santa Elena, está previsto realizar el compostaje a cielo abierto. Sólo Salamá, San Jerónimo y San Miguel Chicaj van a hacer compost en cámaras cerradas. Por último, se puede mencionar a la cabecera departamental de San Marcos, que ya cuenta con una planta procesadora de compost en cámaras cerradas.

Se considera como práctica óptima de disposición final la de relleno sanitario. Sin embargo, al relleno sanitario debería ir solamente la materia inorgánica no reciclable, lo cual requiere un manejo técnico adecuado.

En ningún caso hay instalaciones que llenen los requisitos de un relleno sanitario bien manejado, incluida la ciudad capital, nivel institucional, existen, por un lado, los gobiernos locales que pertenecen a la Asociación Nacional de Municipalidades (ANAM), la cual forma parte del CONADESCO, y en teoría, debía constituirse en el intermediario entre la municipalidades y el CONADESCO; por otro lado, se tiene el gobierno central, dentro del cual, el máximo ente coordinador para el sector de MRS es CONADESCO, que incluye las instituciones relacionadas con el manejo de los residuos sólidos.

A pesar de la existencia de CONADESCO, con una estructura que pareciera ser funcional y adecuada, los resultados a nivel de ejecución no son muy claros. Esto obedece a muchas razones, entre ellas que los entes ejecutores (las municipalidades) no están suficientemente capacitados para

llevar adelante proyectos de esta naturaleza, que no se han elaborado normas ni especificaciones claras acerca de lo que significa un adecuado manejo de los residuos sólidos de acuerdo a las características de cada municipio, y que no es sino hasta hace poco que entró en vigencia el Código de Salud, que regula y sanciona en esa materia.

Según el Código de Salud, el Ministerio de Salud, por medio del Departamento de Regulación del Programa de Salud y Medio Ambiente, constituye el ente que debe dictaminar y sancionar acerca del adecuado MRS. Sin embargo, esta acción es difícil llevarla a cabo si no hay una respuesta local, por parte de las municipalidades, y apoyo político, financiero e institucional por parte del gobierno central.

Es necesario recopilar, analizar, complementar y actualizar los documentos existentes y crear un registro de consultores, profesionales especializados y colegiados, precalificados para la realización de estudios y proyectos de manejo de residuos sólidos.

Debe generarse información primaria que promueva la investigación aplicada seria sobre estos temas y, a la vez, crear una base de datos digitalizada y fomentar la divulgación y socialización de la información.

Es necesario hacer una actualización de la legislación existente y proceder a la aprobación de las leyes y reglamentos que falten, para lo cual se necesita saber claramente cuáles son los requerimientos técnicos. Posteriormente, debe de llevarse a cabo una fase de difusión para que los coordinadores, los ejecutores y los usuarios relacionados con el manejo de RS estén bien enterados.

Deberá utilizarse un enfoque de tecnología adecuada al medio (ecotecnología) e incluirse en la educación formal conceptos relacionados con el manejo de RS, principalmente en la educación superior, para que los profesionales puedan atender la demanda en materia de RS, a nivel nacional, en toda su complejidad.

Es deseable la creación de un sistema detallado de información y control de los proyectos y de gestión en manejo de residuos sólidos, en el marco del CONADESCO. Se debe contar con fondos para la preinversión de proyectos, un *staff* de profesionales técnicos, apoyo político, control y conocimiento de acciones realizadas en el país en ese campo. El Fondo Guatemalteco del Medio Ambiente (FOGUAMA) y otros fondos sociales deberán jugar un papel importante en el financiamiento y viabilización de los proyectos respectivos.

## CONCLUSIONES

1. La teoría de las colas ayuda a realizar un proceso técnico para la distribución de todos los insumos y con esto se tiene un montaje eficiente, en donde se optimizan los tiempos (punto clave), se mejoran los costos, reduciendo el desperdicio y mejorando la rentabilidad.
2. Con frecuencia, al aplicar teoría de colas en el montaje de proyectos de telefonía móvil la empresa debe tomar decisiones respecto al caudal de servicios de construcción que debe estar preparada para ofrecer. Sin embargo, muchas veces es imposible predecir con exactitud cuándo llegarán los clientes que demandan el servicio y/o cuánto tiempo será necesario para dar ese servicio; es por eso que esas decisiones implican dilemas que hay que resolver con información escasa.
3. Estar preparados para ofrecer todo servicio que se solicite en cualquier momento puede implicar mantener recursos ociosos y costos excesivos. Pero, por otro lado, carecer de la capacidad de servicio suficiente causa colas excesivamente largas en ciertos momentos.
4. Cuando los clientes tienen que esperar en una cola para recibir los servicios, están pagando un costo, en tiempo, más alto del que esperaban. Las líneas de espera largas también son costosas por tanto para la empresa constructora ya que producen pérdida de prestigio y pérdida de clientes.

5. La teoría de las colas en si no resuelve directamente el problema, pero contribuye con la información vital que se requiere para tomar las decisiones concernientes prediciendo algunas características sobre la línea de espera: probabilidad de que se formen, el tiempo de espera promedio.
6. Pero se utiliza el concepto de clientes internos en la organización de la empresa, asociándolo a la teoría de las colas, se estarán aproximando al modelo de organización empresarial *just in time* en el que se trata de minimizar el costo asociado a la ociosidad de recursos en la cadena productiva.
7. Con base en las características ambientales de los proyectos en sus diferentes actividades es posible establecer una serie de medidas de mitigación de los impactos adversos detectados, que aseguren la viabilidad del proyecto en un uso racional y sostenido de los recursos naturales.
8. La eficiencia en la administración de los materiales está influida por la manera en la que se coordinan de las diferentes áreas operativas de la empresa constructora, las cuales son las responsables de programar, solicitar, gestionar, recibir, resguardar, utilizar y pagar los materiales.
9. Además la meta de tener los materiales en la obra en el momento oportuno está también supeditada a la interacción de la empresa constructora con muchas otras empresas fabricantes o distribuidores de materiales.

10. Por lo que la comprensión de los procesos administrativos involucrados y la aplicación de modelos de ingeniería pueden hacer que el fenómeno sea menos aleatorio y se pueda controlar adecuadamente.



## RECOMENDACIONES

1. Estar preparados para ofrecer todo servicio que se solicite en cualquier momento puede implicar mantener recursos ociosos y costos excesivos. Pero, por otro lado, carecer de la capacidad de servicio suficiente causa colas excesivamente largas en ciertos momentos.
2. Planificar de manera adecuada ya que cuando los clientes tienen que esperar para en una cola para recibir nuestros servicios, de construcción están pagando un costo, en tiempo, más alto del que esperaban.
3. Se propone la aplicación de teoría de las colas aunque en si no resuelve directamente el problema, pero contribuye con la información vital que se requiere para tomar las decisiones.
4. Con la aplicación de clientes internos en la organización de la empresa, asociándolo a la teoría de las colas, se estarán aproximando al modelo de organización empresarial *just in time* en el que se trata de minimizar el costo asociado a la ociosidad de recursos en la cadena productiva.
5. Hacer un estudio a conciencia del impacto ambiental que puede generar con los proyectos que se desarrollen en la empresa para la mitigación de los impactos adversos detectados que aseguren la viabilidad del proyecto en un uso racional y sostenido de los recursos naturales.

6. Es muy importante lograr eficiencia en la administración de los materiales está influida por la manera en la que se coordinan de las diferentes áreas operativas de la empresa constructora, las cuales son las responsables de programar, solicitar, gestionar, recibir, resguardar, utilizar y pagar los materiales.
  
7. Lograr tener los materiales en la obra en el momento oportuno está también supeditada a la interacción de la empresa constructora con muchas otras empresas distribuidoras o comercializadoras de materiales.

## BIBLIOGRAFÍA

1. CHIANG, Alpha. *Fundamental methods of mathematical economics*. 4th ed. Massachusetts: McGraw Hill, 2005. 708 p.
2. LEROY Miller, Roger. *Microeconomía*. Bogotá, Colombia: McGraw-Hill, 1982. 726 p.
3. LEROY Miller, Roger; MEINERS, Roger. *Microeconomía*. 3a ed. México: McGraw-Hill, 1996. 394 p.
4. MADDALA, G. S.; MILLER, Ellen. *Microeconomía*. México: McGraw-Hill, 1993. 394 p.
5. NICHOLSON, Walter. *Teoría microeconómica. principios básicos y ampliaciones*. 9a ed. México: Thomson, 2006. 750 p.
6. PINDYCK Robert; RUBINFIEL, Daniel. *Microeconomía*. 5a. ed. España: Prentice Hall, 2002. 736 p.
7. ROSSETTI, José Paschoal. *Introducción a la economía*. 3a ed. México: Harla, 2002. 866 p.
8. SALVATORE, Dominick. *Microeconomía*. 3a ed. México: McGraw-Hill, 2008. 436 p.

9. SCHOTTER, Andrew R. *Microeconomía un enfoque moderno*. México: CECSA, 1996. 390 p.
10. STEWART, James. *Precálculo*. 5a ed. México: Thomson, 2007. 508 p.
11. VARIAN, Hal. *Intermediate microeconomics: a modern approach*. 8a ed. Norton, 2010. 651p.
12. WEBSTER, Allen L. *Estadística aplicada a los negocios y la economía*. 3a ed. Ohio: McGraw-Hill, 2001. 651 p.

## ANEXOS

### Anexo 1: MODELO DE EQUILIBRIO DE UN MERCADO DE DOS ARTÍCULOS

Los dos anteriores modelos estudiaban un mercado aislado, donde  $Q_d$  y  $Q_s$  son funciones de precios de un producto solamente. Sin embargo, en realidad ningún producto goza (o experimenta) nunca de tan solitaria existencia; para cualquier producto, normalmente existen sustitutos y bienes complementarios. Así, una ilustración más real de la función de la demanda de un producto también debe tomar en cuenta el efecto, no sólo del precio del producto, sino de los precios de productos relacionados. Lo mismo se cumple para la función de oferta. Sin embargo, una vez que se consideran los precios de los artículos o productos, la estructura del modelo es si se debe ampliar para que pueda producir también los valores de equilibrio de estos otros precios. Como resultado, las variables de precio y cantidad de múltiples productos deben entrar juntos de forma endógena en el modelo.

En un modelo de mercado aislado, la condición de equilibrio consiste solo en un ecuación de  $Q_d = Q_s$ , cuando se consideran al mismo tiempo varios artículos interdependientes, la condición de equilibrio de un modelo de mercado de  $n$  artículos requerirán  $n$  ecuaciones, una para cada artículo. Y la solución si existe será un conjunto de  $P_i^*$  y cantidades  $Q_i^*$  de modo que las  $n$  ecuaciones en la condición de equilibrio se satisfagan simultáneamente. Si el modelo se restringe a solo dos artículos que se relacionan entre sí, (Para simplificar, se supone que las funciones de la oferta y demanda de ambos artículos son lineales), el modelo en términos paramétricos se puede escribir como:

$$Q_{d1} - Q_{s1} = 0$$

$$Q_{d1} = a_0 + a_1P_1 + a_2P_2$$

$$Q_{s1} = b_0 + b_1P_1 + b_2P_2$$

$$Q_{d2} - Q_{s2} = 0$$

$$Q_{d2} = \alpha_0 + \alpha_1P_1 + \alpha_2P_2$$

$$Q_{s2} = \beta_0 + \beta_1P_1 + \beta_2P_2$$