

# **MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE TRANSPORTE DE CEMENTO A GRANEL**

**CAMILA CORREA FAJARDO**



**ESCUELA DE INGENIERÍA DE ANTIOQUIA  
INGENIERÍA INDUSTRIAL  
ENVIGADO  
2009**

# **MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE TRANSPORTE DE CEMENTO A GRANEL**

**CAMILA CORREA FAJARDO**

**Trabajo de grado para optar al título de  
Ingeniero Industrial**

**Jorge Enrique Sierra Suarez Ingeniero de Producción.  
Especialista en Alta Gerencia con énfasis en Calidad.**



**ESCUELA DE INGENIERÍA DE ANTIOQUIA  
INGENIERÍA INDUSTRIAL  
ENVIGADO  
2009**

# CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	11
1. PRELIMINARES.....	12
1.1 Planteamiento del problema .....	12
1.2 Planteamiento Específico del Problema.....	14
1.3 Objetivos del proyecto .....	17
1.3.1 Objetivo General:.....	17
1.3.2 Objetivos Específicos: .....	17
1.4 Marco teórico.....	18
1.4.1 Proceso Cemento.....	18
1.4.2 Cemento a granel .....	20
1.4.3 Proceso transporte de cemento.....	21
2. METODOLOGÍA DEL PROYECTO .....	25
3. MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE TRANSPORTE DE CEMENTO.....	26
3.1 Ejemplo hipotético de una modelación para encontrar el tamaño óptimo de la flota 26	
3.1.1 Resultados modelación .....	27
3.2 Viajes en el mes de un vehículo .....	30
3.3 Aumento número de viajes por vehículo.....	34
3.3.1 Horario origen.....	34
3.3.2 Ventanas horarias .....	34
3.3.3 Implementación Doble Tripulación.....	36
3.3.4 Disminución tiempos de cargue y descargue.....	37

3.4	Implementación de sistemas de información en el proceso logístico .....	38
3.4.1	Apoyo logístico .....	39
3.4.2	Gestión de conductores.....	41
3.4.3	Control de la flota .....	42
3.4.4	Aportes y beneficios del sistema de información .....	43
3.5	Pago y bonificación conductores .....	43
3.5.1	Pago variable por kilometro recorrido .....	44
3.5.2	Pago variable por cumplimiento en los tiempos de entrega .....	44
3.5.3	Pago de una incentivo por cumplir las variables en calidad de conducción .....	44
4.	CONCLUSIONES .....	46
5.	RECOMENDACIONES.....	48
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	49

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Descripción del ciclo del proceso de transporte de cemento a granel (Cementos Argos, 2009).....	23
Tabla 2 Cubrimiento de la demanda vs Costo mensual. (Renting Colombia, 2007).....	29
Tabla 3 Velocidades promedio de acuerdo al tipo de ruta. (Transportempo S.A, 2008)..	33
Tabla 4 Resumen aumento número de viajes de acuerdo a la variación de parámetros..	38
Tabla 5 Informe Permanencia de Vehículo en Localización. (Century Control, 2009).....	41
Tabla 6 Informe Ranking de operación mensual por conductor. (Century Control, 2009).	42

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 Composición costos logísticos. (GSI Colombia, 2008).....	13
Figura 2 Ranking Suramericano Índice de Desempeño Logístico (Departamento Nacional de Planeación, 2008).....	14
Figura 3 Tamaño de flota óptimo. Frecuencia de utilización vs Número de vehículos. (Renting Colombia, 2007).....	28
Figura 4 Resultados por tipo de vehículo. Número de vehículos vs Frecuencia de utilización. (Renting Colombia, 2007).....	30
Figura 5 Horario de origen vs Número de viajes por mes .....	36
Figura 6 Horario conductor vs Número de viajes por mes.....	37

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Proceso húmedo para la fabricación de cemento gris. (Cementos Argos, 2000) .....	19
Ilustración 2 Estructura simplificada cadena del cemento (Departamento Nacional de Planeación, 2004).....	20
Ilustración 3 Vehículo para el transporte de cemento a granel. (Asociación de Productores de cemento, 2009).....	21
Ilustración 4 Flujograma Proceso transporte de cemento a granel.....	22
Ilustración 5 Ubicación actual de la flota. (Century Control, 2009) .....	39
Ilustración 6 Recorrido por vehículo. (Century Control, 2009).....	40
Ilustración 7 Mejores puntajes del Ranking de conductores. (Century Control, 2009).....	45





## **RESUMEN**

Básicamente el presente trabajo se divide en tres partes fundamentales,

La primera parte introduce al lector en los principales problemas de la logística de transporte terrestre en Colombia que se evidenciaron durante mi práctica empresarial en el área de logística y distribución. Enfocados principalmente a la operación de distribución de cemento a granel.

Luego se presentan de una forma práctica las principales variables de la operación de distribución de cemento a granel, y como cada una de éstas influye en la eficiencia del proceso.

Finalmente se presentan diferentes alternativas de solución para cada una de éstas variables, con actividades que mejoran la eficiencia del proceso complementándose con herramientas de sistemas de información para tener una mejor gestión de la flota y los conductores.

## **ABSTRACT**

Basically this report is divided into three main parts

The first part is aimed to introduce the reader into the main distribution logistics problems in Colombia, evidenced in my internship made in a Cement producer and distributor company in Medellin.

Then the main variables involved in the distribution and transport process are presented in a practical way, showing how each variable participates in the efficiency.

Finally different alternative solutions are presented for each variable showing certain activities that improve the process efficiency and complementing the proposal with the usage of information system tools that will provide a better fleet management.

## INTRODUCCIÓN

Producto de la práctica empresarial en el área de logística de distribución de cemento, realizada en Cementos Argos, se puso observar que en todo el proceso de distribución de cemento a granel existen algunas deficiencias o desviaciones frente a los modelos teóricos o ideales de un proceso de distribución.

Los mencionado se puede traducir en costos de oportunidad significativos que llevan a la empresa a la búsqueda de una mejora continua, para aumentar los indicadores de nivel de servicio y obtener ahorros significativos en los gastos de distribución.

Con éste preámbulo visualizamos la necesidad de analizar las variables más sensibles en el proceso de distribución, para estructurar una propuesta que permita aumentar los niveles de eficiencia de la flota y de la gestión del recurso humano de modo tal que se incrementen los niveles de servicio y se reduzcan los gastos asociados a la distribución.

Se pretende en el trabajo sugerir actividades simples, sencillas y prácticas que generen resultados impactantes con un nivel de inversión relativamente bajo comparado con estudios sofisticados y costosos que en muchas ocasiones no terminan siendo efectivos.

# 1. PRELIMINARES

## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El entorno económico mundial y las relaciones de comercio entre países generan una exigencia a las empresas y a cada país, en cuanto a la necesidad de generar sistemas de operación que impliquen buscar mayor productividad y competitividad para la empresa y para el país. En el caso de las empresas se debe hacer inversiones no sólo en recursos tecnológicos, sino también en conocimiento y en capital humano, los cuales se deben articular para orientarlos a la búsqueda de métodos y procesos más eficientes; para lo cual las empresas se apoyan en la logística y en el análisis de lo que sucede en la cadena de abastecimiento. Pero no sólo es suficiente el esfuerzo de las empresas en la búsqueda del mejoramiento y productividad, sino que es necesario que el país tenga la adecuada infraestructura en cuanto a vías, puertos, seguridad, sistemas de comunicación y también es necesario que el país tenga políticas y normas claras y estables en lo referente al mercado laboral, condiciones tributarias, del mercado de transporte y demás normatividad que afecte la operación de las empresas.

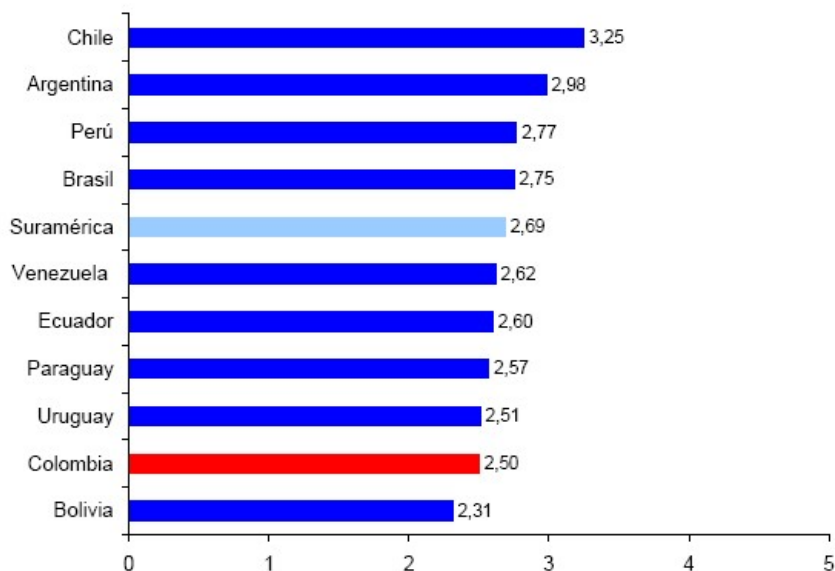
Colombia cuenta con una inadecuada infraestructura vial y con unas condiciones geográficas que acentúan más ésta condición, ya que las carreteras aparte de no contar con las especificaciones necesarias se encuentran en condiciones obsoletas. A pesar de lo anterior en los últimos años se han empezado a generar unas condiciones que invitan a empresas y gobierno a invertir en infraestructura, y se espera en el mediano plazo y básicamente bajo la figura de concesión ayuden a mejorar la eficiencia y la productividad del sector transporte.

Figura 1 Composición costos logísticos. (GSI Colombia, 2008)



Producto de lo anterior y de una flota anticuada y deficiente las empresas en Colombia se ven obligadas a incurrir en unos sobrecostos de distribución.

**Figura 2 Ranking Suramericano Índice de Desempeño Logístico (Departamento Nacional de Planeación, 2008)**



Fuente: Connecting to Compete. World Bank, 2007

## 1.2 Planteamiento Específico del Problema

En las empresas productoras y distribuidoras de cemento se pueden presentar factores que llevan a tener una flota menos eficiente y con menor rotación, ya que se presentan cuellos de botella en el cargue y descargue del cemento a granel, tiempos muertos en la ruta, los cuales hacen que el proceso de distribución sea menos eficiente y se utilice más vehículos que los realmente necesarios, elevando los costos.

Veamos algunos de los actores y como éstos participan en el problema:

a) Conductores:

- La carencia de un contrato laboral establecido, falta de afiliación a la seguridad social hace que los conductores cambien constantemente de trabajo, y para el caso del transporte de cemento a granel, se requiere conocimiento ya que la flota es especializada.

- Los salarios muchas veces son pactados de acuerdo al número de viajes que los conductores realicen, muchas veces resultan inadecuados, pues se ven directamente afectados en una caída de demanda, lo que muchas veces lleva a que éstos realicen fraudes y se pierda inventario.
- Hay falta de formación y capacitación por parte de las empresas transportadoras.
- Los conductores tienen muchas veces largas jornadas de trabajo, realizan viajes a lugares apartados con pocas horas de descanso, causando accidentes y enfermedades de trabajo.
- El bajo nivel cultural de algunos conductores, puede llevar a tener problemas con los clientes, con las autoridades, empresa generadora de carga y empresa transportadora.

b) Empresa generadora de carga:

- Falta de indicadores de gestión para medir la operación de la distribución, y/o evaluar a la empresa transportadora.
- Tiempos de cargue y descargue del cemento a granel en centros de producción y clientes ociosos.

c) Gobierno

- Actualmente existe una normatividad inestable e inadecuada para el sector del transporte terrestre de carga, como es el caso de la chatarrización que no incentiva la renovación de la flota por su alto costo de ésta póliza. La tabla de fletes impone precios en un mercado de libre competencia. (Ministerio de Transporte, 2001)
- Falta de control al gremio transportador. Las empresas transportadoras hoy en día son informales, por la falta de este control.

d) Otros

- La seguridad en las carreteras, la guerrilla, el narcotráfico y los paramilitares. La demanda de cemento a granel tiende a crecer a lugares apartados para la construcción de nuevas carreteras, centrales hidroeléctricas, donde muchas veces hay presencia de éstos grupos al margen de la ley.
- Falta de centros de atención en las vías, como centros de emergencia, restaurantes, hoteles.
- Alto costos de seguros
- Centros de producción distantes de los puertos y de los clientes.
- Los paros de transporte, dificultan la operación y generan altos costos.

Adicionalmente, los indicadores de gestión de algunas empresas muestran que existe campo de acción para mejorar el proceso de distribución de cemento a granel.

Por lo tanto, se pretende buscar una alternativa de solución al problema de eficiencia de la flota a través del uso de herramientas de logística, recursos humanos, indicadores de gestión y control de la seguridad en la cadena de distribución del cemento.



## **1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO**

### **1.3.1 Objetivo General:**

Presentar una alternativa de solución factible que mejore la rotación de la flota para transportar un mayor número de toneladas de cemento a granel.

### **1.3.2 Objetivos Específicos:**

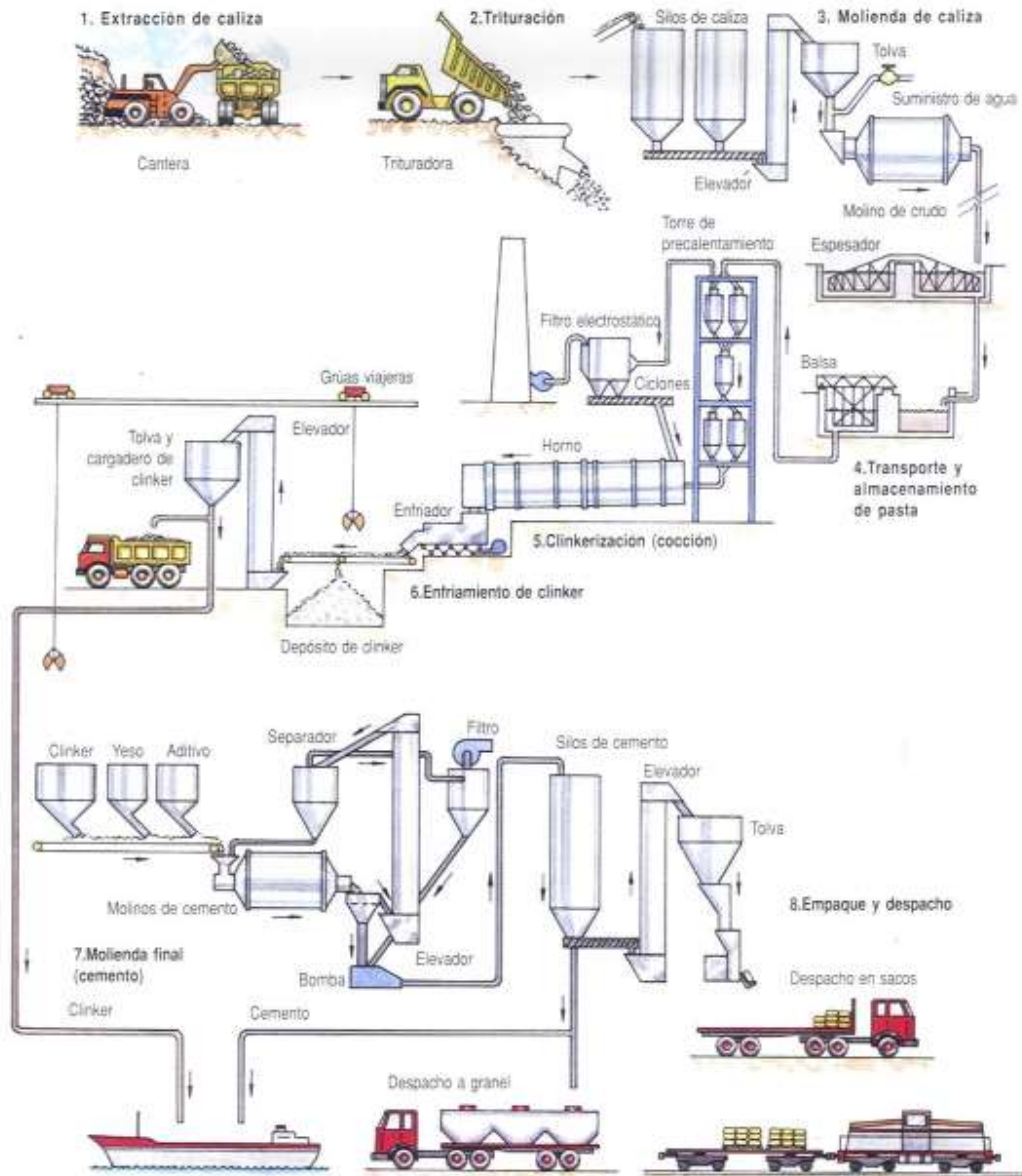
- Modelar el proceso desde el cargue hasta el descargue de el cemento y simular la operación ideal.
- Realizar seguimiento y control detallado a los lugares críticos de la operación, utilizando herramientas como rastreo satelital, indicadores de eficiencia.
- Identificar los puntos de mayor debilidad del proceso
- Tomar acciones correctivas sobre los puntos críticos con el fin de aumentar el número de viajes de los vehículos.

## **1.4 MARCO TEÓRICO**

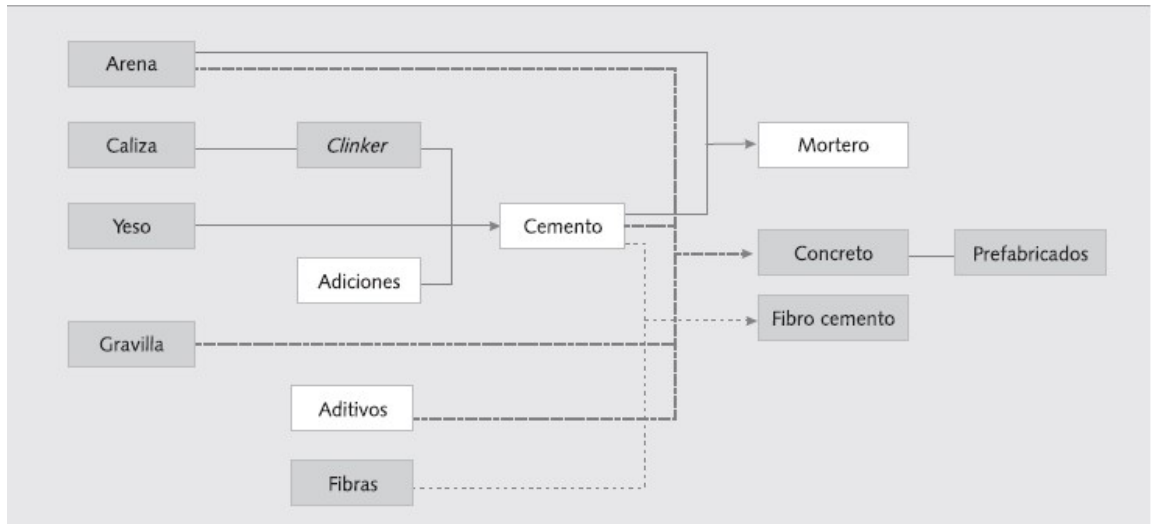
### **1.4.1 Proceso Cemento**

El Cemento es un material aglomerante con propiedades de adherencia y cohesión, que se unen para unir fragmentos minerales y formar un todo compacto con diferentes resistencias. Su uso está muy generalizado en construcción e ingeniería civil, siendo su principal función la de aglutinante. Los principales usos del cemento en la construcción son estructuras, pegos y revoques, obras civiles (puentes, carreteras, presas y túneles) y prefabricados (bloques, adoquines, baldosas, tubos y mobiliario).

**Ilustración 1 Proceso húmedo para la fabricación de cemento gris. (Cementos Argos, 2000)**



**Ilustración 2 Estructura simplificada cadena del cemento (Departamento Nacional de Planeación, 2004)**



#### **1.4.2 Cemento a granel**

Durante mucho tiempo, el cemento ha sido suministrado en sacos de papel. Sin embargo, la tendencia actual es distribuirlo a granel, transportándolo en camiones cisterna y almacenándolo en silos. Las ventajas de la adquisición de cemento a granel son varias; entre ellas, las siguientes:

- Economía en la compra del cemento
- Economía en el manejo de la descarga, la manipulación y en el almacenamiento de éste.
- Disminución en la pérdida originada por los sacos deteriorados o mojados.
- Aumento en la productividad de la obra, pues se cuenta con el cemento disponible inmediatamente.
- Evita el riesgo de robo.

El cemento es muy sensible a la acción del agua y a la humedad, por lo tanto para conservar la calidad y sus propiedades, durante el transporte y almacenamiento de éste se deben tener precauciones como en el momento en que el cemento se reciba en el

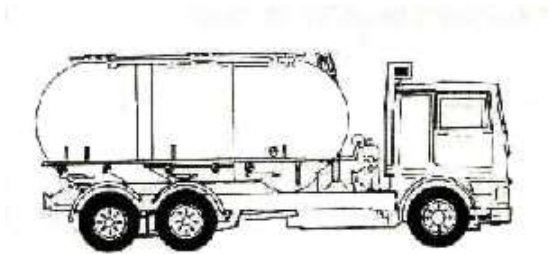
área de las obras si es cemento a granel, deberá almacenarse en depósitos secos, diseñados a prueba de agua, ventilados y evitando la absorción de la humedad

La carga a granel puede ser líquida, sólida o seca, los graneles sólidos como lo es el cemento se almacena por lo general en silos, y se transporta en tanques a presión, llamadas tolvas.

Las características esenciales de los vehículos de transporte de cemento a granel son las siguientes:

- El tráiler debe ser ligero, para obtener la mayor capacidad de carga en la tolva, regulada por el Ministerio de Transporte.
- La unidad debe ser segura y durable, el sistema neumático debe funcionar de forma simple. No puede presentar problemas técnicos para el operador del equipo, para un efectivo cargue y descargue del cemento.

**Ilustración 3 Vehículo para el transporte de cemento a granel. (Asociación de Productores de cemento, 2009)**



### **1.4.3 Proceso transporte de cemento**

#### Ilustración 4 Flujo grama Proceso transporte de cemento a granel



En la siguiente tabla se muestra el ciclo del proceso en detalle con cada una de las actividades y el encargado de cada una.

**Tabla 1 Descripción del ciclo del proceso de transporte de cemento a granel (Cementos Argos, 2009)**

Actividades	Descripción	Conductor	Cliente	Operador Silo	Auxiliar de Despacho/ Bascula	Portería
Confirmación de la Entrega Anterior	Se confirma la entrega , con la remisión física que contenga sello y firma del cliente y sin novedad				x	
Enturne Vehículo Planta	Vehículo Disponible a Cargar	x			x	
Programación	Asignación de placa y pedido				x	
Genera Orden de Cargue	Documento ingreso a la planta				x	
Primer Pesaje Bascula	Toma peso vacío del vehículo				x	
Cargue Silo	Cargue y colocación de sellos y anotación manual de los sellos en la orden de cargue			x		
Segundo Pesaje Bascula	Toma peso lleno, genera Remisión				x	
Salida de planta	Revisión de sellos y vehículo					x
Llegada Cliente	Pesaje en báscula y entrega de pedido	x				
Si el cliente tiene Bascula	Pesa y Devuelve el vehículo con la anotación en la remisión		x			
Si el cliente no tiene Bascula	Envía a Repesar en una Bascula Tercera, el vehículo se devuelve con la anotación en la remisión		x			
Sellos de Seguridad	Retiran la totalidad de los sellos, o solo el sello de la tapa de descargue		x			
Entrega de Remisión	Firmada y Sellada por el cliente	x				
Retorna a Planta	Regresa a planta e inicia el ciclo	x				





## 2. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

En este trabajo se utiliza el método de investigación exploratorio, que se desarrolla mediante sondeos, exploración, complementándose con fuentes de información secundarias que permiten conocer el estado actual del transporte de carga terrestre en Colombia, de la importancia de su constante mejora y de los retos que tiene nuestro país actualmente.

El estudio se realiza basado en la experiencia de mi práctica empresarial en el área de logística y distribución, dónde se recolecto información y se evidenciaron los principales problemas del proceso de distribución.

Luego se formula y se define el problema de acuerdo al análisis de los problemas evidenciados y se definen los objetivos a trabajar, para luego realizar una planeación detallada del proyecto dónde se define el cronograma y los recursos.

Las principales variables que se analizaran son:

- Tiempos en el cargue, descargue del cemento: Su medición se hace en la experiencia de la práctica empresarial.
- Tiempos en tránsito
- Restricciones del sistema: se analizaran a través de las variables que afectan la disponibilidad horaria de la operación donde nos mostraran las principales causas en los retrasos y los tiempos muertos, para luego atacarlas y así mejorar los tiempos del proceso.

Dentro de las fuentes de información en la elaboración de éste trabajo se recurre a empresarios y asesores del sector, así como documentos elaborados por el Ministerio de Transporte, internet, prensa entre otros recursos que servirán para dar un apoyo eficiente a la propuesta de mejora del proceso de transporte de cemento a granel.

### 3. MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE TRANSPORTE DE CEMENTO

El tamaño o sizing de la flota de una empresa, varía según las necesidades de cada compañía. La mayoría de empresas buscan elegir el tamaño adecuado de la flota y combinación ideal de tipo de vehículos a utilizar mediante modelaciones y simulaciones las cuales tienen en cuenta todas las variables posibles, cómo la demanda, tiempos estimados y secuencias ideales en las rutas, tiempos de cargue y descargue, condiciones de las vías, velocidad, entre otras. Estas modelaciones le permiten a las empresas visualizar el tamaño de la flota óptima para su empresa y trabajar en las debilidades y oportunidades de mejora en el proceso de distribución con el fin de llegar al número ideal de vehículos, reduciendo costos por consumos, mano de obra e inversión en la flota aumentando así la eficiencia.

#### 3.1 Ejemplo hipotético de una modelación para encontrar el tamaño óptimo de la flota

Se analizará un caso hipotético suministrado por la empresa Renting Colombia, dónde nos muestre los elementos que las empresas transportadoras deben tener en cuenta a la hora de simular y los resultados que se obtienen a partir de éste.

**Problema:** ¿Cómo prestar el servicio de tal forma que el costo total del transporte de éste sea mínimo? R// con la menor cantidad de vehículos posibles que satisfagan las condiciones de la operación.

**Objetivo:** Encontrar la cantidad de vehículos óptima para la operación.

Variables:

- **Demanda:** Cantidad de pedidos. Distribución de probabilidad construida a partir de la demanda.

- **Duración del pedido:** Distribución de probabilidad de la duración de utilización del servicio. (ejemplo. probabilidad de que un camión que salió a las 6 a.m. demore 7 horas en regresar)
- **Tipo de pedido:** distribución de probabilidad construida a partir de la probabilidad de pedido.

Para definir las correspondientes distribuciones de probabilidad que ajustaron el comportamiento de las variables, se utiliza la información histórica de 6 meses de operación, suministrada por el cliente

Modelado/Lógica

Ficha técnica:

Modelado: sistema de colas con múltiples servidores

Simulación: Monte Carlo

Parámetros para determinar número de vehículos:

Pedidos en cola = 0

Tiempo de espera = 0

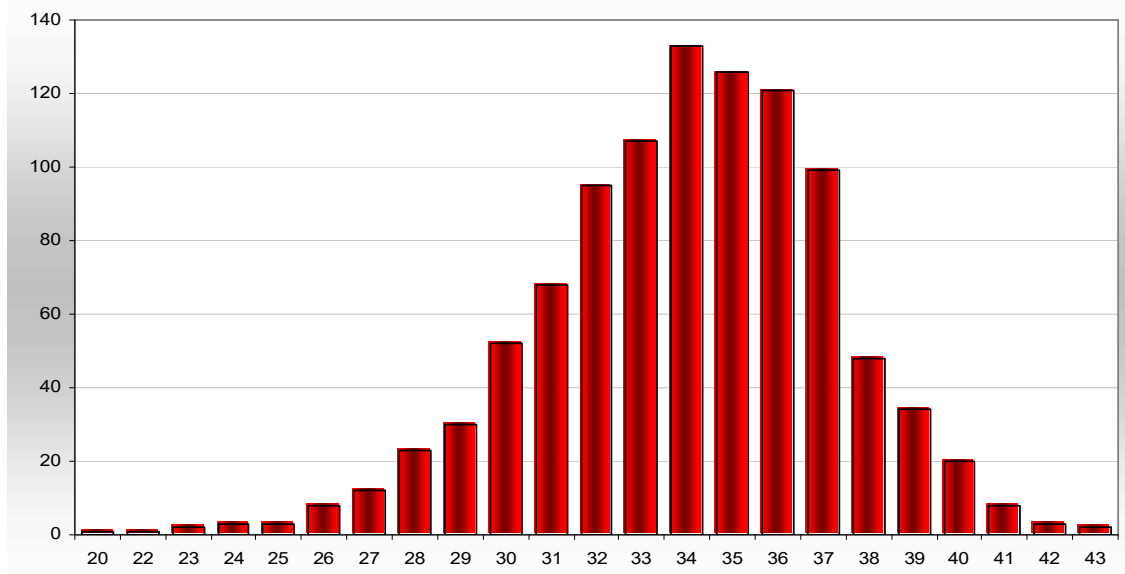
Tipos de vehículos = 4

Tamaño de flota Inicial = 0

Se realizó la simulación para 1.000 iteraciones, cada una de las cuales equivale a simular 5 días hábiles de una semana (de 24 horas cada uno), es decir 5.000 posibles días / situaciones (19 años).

### **3.1.1 Resultados modelación**

**Figura 3 Tamaño de flota óptimo. Frecuencia de utilización vs Número de vehículos. (Renting Colombia, 2007)**




La gráfica representa la frecuencia de utilización para determinado tamaño de Flota.

La demanda se cubre al 100% con un tamaño de flota de 37 vehículos en el 88.48% de todos los posibles escenarios semanales.

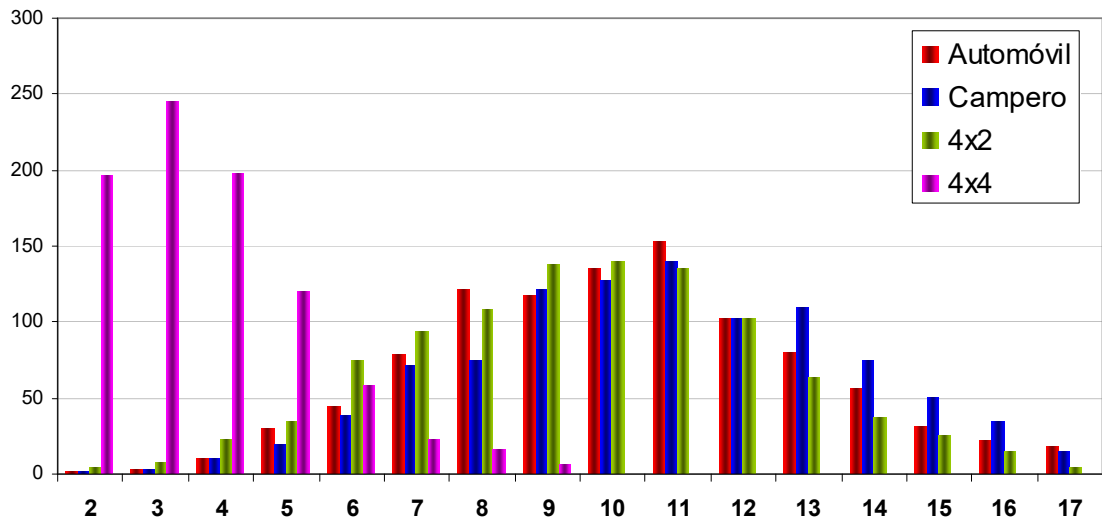
A partir del vehículo No. 38, un vehículo adicional no genera aumentos significativos en el cubrimiento de la demanda.

**Tabla 2 Cubrimiento de la demanda vs Costo mensual. (Renting Colombia, 2007)**

Tamaño de flota	Cubrimiento demanda	Costo mensual
30	13.51%	51,439,692
31	20.32%	53,154,349
32	29.83%	54,869,005
33	40.54%	56,583,662
34	53.85%	58,298,318
35	66.46%	60,012,974
36	78.57%	61,727,631
37	88.48%	63,442,287
38	93.29%	65,156,944
39	96.69%	66,871,600
40	98.69%	68,586,256
41	99.49%	70,300,913
42	99.80%	72,015,569
43	100.00%	73,730,226



**Figura 4 Resultados por tipo de vehículo. Número de vehículos vs Frecuencia de utilización. (Renting Colombia, 2007)**



Muchas empresas emplean la modelación para obtener un tamaño de flota ideal para empezar su operación o simplemente compararlo con su tamaño actual como una forma de medir su productividad. Puede suceder que debido a la alta variabilidad que existe en el proceso del transporte éste número se encuentre muy alejado de la realidad y por esto es necesario encontrar soluciones que a partir de una flota actual permitan optimizar la rotación de ésta y así ser más eficientes en el proceso, teniendo una capacidad de respuesta rápida a una demanda creciente, y si es necesario reducir el tamaño de la flota, y así disminuir costos.

### 3.2 Viajes en el mes de un vehículo

Para definir los viajes y el número de vehículos que se usarán en un mes para distribuir el cemento a granel, es necesario conocer la demanda y el número de viajes que cada vehículo puede realizar, con el fin de saber si el tamaño de la flota está encima de lo requerido, o por el contrario está por debajo y sería necesario contratar terceros que apoyen la distribución y poder abastecer la demanda.

Se utilizará éste cálculo como una forma de medir la productividad, comparar con la realidad y finalmente analizar los factores dónde se debe trabajar con el fin de aumentar la disponibilidad y capacidad del sistema de transporte.

El cálculo del número de viajes se realiza por cada placa de vehículo y la ruta correspondiente, se efectúa con la siguiente fórmula, dónde se divide la disponibilidad horaria de la operación sobre el tiempo de ciclo. La disponibilidad horaria se obtiene de promediar los horarios de conductor, origen y destino con el fin de tener el tiempo efectivo real entre los tres. Los parámetros dependen del tipo de operación por planta, producto y cliente.

$$\text{Número de viajes}/_{\text{mes}} = \frac{((ho + hc + hd) \times dm) \div 3}{(tc + td + (Km \div V))}$$

**Ecuación 1 Número de viajes por mes de un vehículo para una ruta específica. (Transportempo S.A, 2008)**

Donde,

*ho* : *Horario de origen*. Son las horas diarias de trabajo del origen o centro de producción; por ejemplo:

La planta productora de cemento A, tiene un horario para el cargue de las tolvas de 08:00 a 21:00

$$ho = 21:00 - 8:00 = 13 \text{ horas}$$

*hc*: *Horario conductor*. Son las horas diarias trabajadas por el conductor; en la práctica son 12 horas.

$$hc = 12 \text{ horas}$$

*hd: Horario del destino.* Son las horas diarias de trabajo del destino; éstas varían de acuerdo a cada cliente, dependiendo de la demanda y cambios de producción. Por ejemplo:

El cliente C tiene un horario de 08:00 a 18:00 con 2 horas de almuerzo

$$hd = 8 \text{ horas}$$

*dm : Días mes.* Son los días laborables de un mes. Se toman como 24, pues es necesario tener en cuenta los días que no se opera, domingos, festivos y la restricción vehicular que impone el Ministerio de Transporte

$$dm = 24$$

*tc: Tiempo de cargue.* Son las horas requeridas para la operación de cargue, estas varían de acuerdo al vehículo (tamaño de la tolva), estas son 1.5 horas para tracto camiones.

$$tc = 1.5 \text{ horas}$$

*td: Tiempo de descargue.* Son las horas que tarda la operación de descargue, incluye desde el pesaje en báscula, descargue en silo hasta que el vehículo sale del lugar. Éstas varían de acuerdo al vehículo y operación; estas son 3 horas para tracto camiones con capacidad mayor a 30 toneladas, y 2 horas para el resto de vehículos.

$$td = 3 \text{ horas}$$

*Km: Kilómetros.* Es la distancia en kilómetros desde el lugar de origen (centro de producción) hasta el destino final de la carga (cliente), retornando nuevamente al lugar de origen.

La planta de productora de cemento A se encuentra a 120 Km del cliente C.

$$Km = 120 \text{ km} \times 2 = 240 \text{ km}$$

*V: Velocidad:* Es la velocidad promedio con la cual el vehículo realiza el recorrido. Depende de la ruta, sus condiciones y si el vehículo va cargado o vacío. A continuación



se muestra una tabla suministrada por Transportempo S.A, dónde muestra las velocidades promedio de acuerdo al tipo de ruta.

**Tabla 3 Velocidades promedio de acuerdo al tipo de ruta. (Transportempo S.A, 2008)**

Condiciones Ruta	Velocidad vehículo vacío (Km/h)	Velocidad vehículo cargado (Km/h)	Velocidad promedio (Km/h)
Plana	50	40	45
Ondulada	45	35	40
Montaña	40	30	35
Ciudad	18	18	18
Bogotá	12	12	12
			* Fuente Transportempo S.A

Para el ejemplo se toma una ruta ondulada dónde la velocidad promedio es:

$$V = 40 \text{ Km/h}$$

Ahora hallaremos el número de viajes en el mes que realiza un vehículo con los datos del ejemplo.

Dónde,

$$h_o = 13 \text{ h}$$

$$h_c = 12 \text{ h}$$

$$h_d = 8 \text{ h}$$

$$d_m = 24$$

$$t_c = 1.5 \text{ h}$$

$$t_d = 3 \text{ h}$$

$$K_m = 240 \text{ km}$$

$$V = 40 \frac{km}{h}$$

Reemplazando en (1)

$$\text{Número de viajes/mes} = \frac{((13 + 12 + 8) \times 24) \div 3}{(1.5 + 3 + (240 \div 40))}$$

$$\text{Número de viajes/mes} = 24.14 \approx 24 \frac{\text{viajes}}{\text{mes}}$$

Notemos que con éstos parámetros el vehículo solo realizaría en promedio 24 viajes (planta-cliente-planta) en el mes. Si analizamos cada elemento de la ecuación y vemos como está afectando al proceso, podemos tomar acciones y así aumentar el número de viajes/mes de cada vehículo.

### 3.3 Aumento número de viajes por vehículo

Vemos que si en la ecuación aumentamos  $h_o$ ,  $h_d$  y  $h_c$  es decir los horarios disponibles, se incrementaría el número de viajes. Mostraremos ahora algunas actividades específicas que pueden contribuir al aumento de número de viajes de un vehículo.

#### 3.3.1 Horario origen

Las plantas productoras de cemento generalmente trabajan largas jornadas, tratando de utilizar su capacidad al máximo, puede suceder en ciertas horas del día como la hora del almuerzo donde la mayoría de empelados dejan libres sus puestos de trabajo, retrasando algunas operaciones. Se propone que el personal asociado al despacho de cemento a granel (portería, báscula, sileros) se turne para hacer las pausas activas y horas de almuerzo con el fin de no dejar sola la operación en ningún momento de la jornada, aprovechando así la disponibilidad horaria con el fin de optimizar el proceso.]

#### 3.3.2 Ventanas horarias

Las ventanas horarias es el tiempo estipulado entre el cliente y el proveedor para recibir la mercancía, con una tolerancia acordada. Se puede realizar un trabajo con el área

comercial, dónde se involucre a los grandes clientes, tratando de aumentar la flexibilidad en las ventanas horarias, y recibir el cemento en un horario más amplio durante el día beneficiando al cliente en el nivel de servicio y a su vez en la disponibilidad de la flota en caso de un crecimiento de la demanda. Se propone aumentar estas ventanas horarias recibiendo el cemento en horas de almuerzo, pagando horas extras al final de la jornada laboral y en el caso de los clientes que manejen grandes proyectos que generalmente trabajan largas jornadas y estén muy alejados (hidroeléctricas, carreteras) que el horario de entrega sea 24 horas al día, así si un vehículo llega a altas horas de la noche, le puedan descargar el cemento.

Veamos cómo afecta el aumento de las ventanas horarias a nuestra ecuación, si el horario de destino,

$$hd = 10 \text{ horas}$$

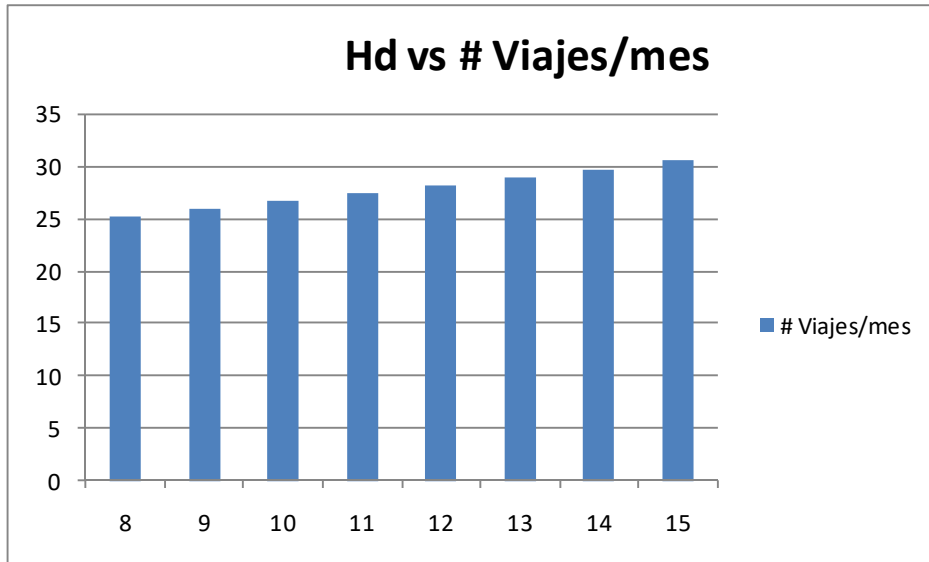
Reemplazando en (1)

$$\text{Número de viajes}/_{mes} = \frac{((13 + 12 + 10) \times 24) \div 3}{(1.5 + 3 + (240 \div 40))}$$

$$\text{Número de viajes}/_{mes} = 26.6 \approx 26 \frac{\text{viajes}}{\text{mes}}$$

En la siguiente gráfica se puede observar la relación proporcional que existe entre el aumento de horario de destino y número de viajes tomando el resto variables constantes.

**Figura 5 Horario de origen vs Número de viajes por mes**



Ahora complementamos con aumentar el horario del conductor

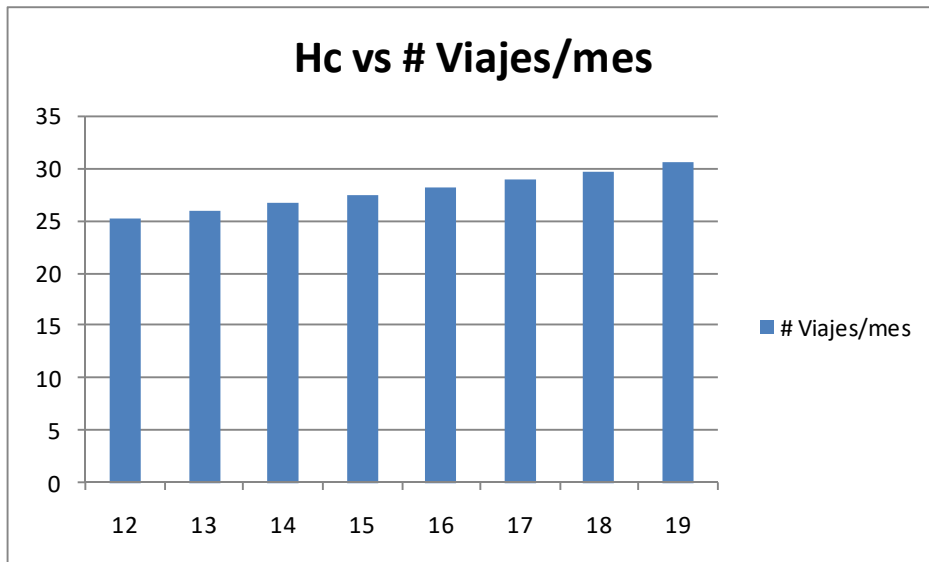
### **3.3.3 Implementación Doble Tripulación**

El horario del conductor es un factor que restringe la operación, pues sin éste no es posible realizarla. Se puede aumentar el horario del conductor con un nuevo turno en la operación, para que el vehículo este rodando las 24 horas del día se tienen 2 turnos de conductores de 12 horas cada uno.

Si no es posible concretar un aumento en las ventanas horarias, no es óptimo implementar el otro turno completo del conductor, sino las horas extras que sean necesarias.

Además es importante tener una disponibilidad de conductores del 100%, pues en el momento de alguna incapacidad, enfermedad tener un grupo de conductores bien calificados y capacitados para reemplazar cuando sea necesario.

**Figura 6 Horario conductor vs Número de viajes por mes**



### **3.3.4 Disminución tiempos de cargue y descargue**

La duración del tiempo de cargue debe ser de 40 minutos y el tiempo de descargue de 1 hora, según los distribuidores de tolvas para el transporte de cemento. El tiempo de descarga varía según sean las distancias horizontales o verticales hasta los silos de depósito, según la capacidad del compresor y el estado de las mangueras. El cemento se puede descargar a más de una tonelada por minuto, cuando el cemento se coloca dentro de silos de 20 m. de alto en óptimas condiciones.

Adicional a este tiempo de debe tener en cuenta el tiempo de espera en portería, pesaje en báscula y entrega de remisión, sin embargo se puede optimizar éste proceso con las siguientes actividades:

- Contar con un compresor de alta capacidad y realizar mantenimientos preventivos para tenerlo en óptimas condiciones.
- Verificar el estado de las llaves de las mangueras para que no existan filtraciones de cemento.
- El silo debe estar en buenas condiciones y en lo posible que no sea muy alto, pues se necesita más presión para elevar el cemento.

- El terreno dónde se descarga debe ser plano, pues para el descargue óptimo los conos deben estar a 45° de la horizontal y muchas veces los terrenos son inclinados y el cemento queda recostado en la tolva y es difícil descargarlo.

En la siguiente tabla se muestra como la implementación de éstas alternativas, aumenta la rotación del vehículo.

**Tabla 4 Resumen aumento número de viajes de acuerdo a la variación de parámetros.**

dm	Velocidad (Km/h)	Km	Parametros					# Viajes/mes
			ho	hc	hd	tc	td	
24	40	240	13	12	8	1.5	3	25
			13	12	10	1.5	3	27
			13	15	10	1.5	3	29
			13	15	10	1	2.5	32
			13	15	12	1	2.5	34
			14	15	12	1	2.5	35
			14	24	24	1	2.5	52
			24	24	24	1	2.5	61

### 3.4 Implementación de sistemas de información en el proceso logístico

El uso y apropiación de sistemas de información en las empresas tiene como fin contribuir al aumento de la competitividad, y por ende a la productividad. Por esto se propone el uso de herramientas telemáticas basadas en tecnología y recursos humanos que apoyan la operación logística y el control de la flota.

Cómo funciona?

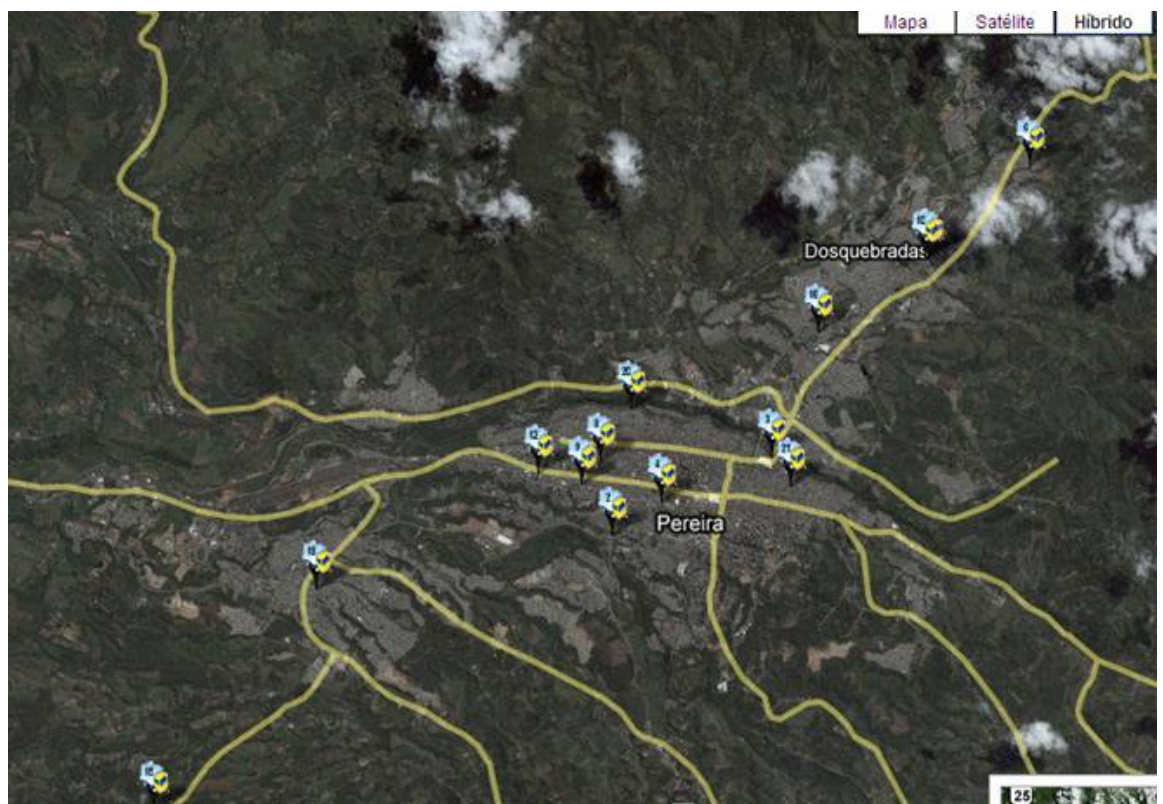
Se instalan en los vehículos diferentes dispositivos tecnológicos que recogen información del vehículo y de su operación en tiempo real, esa información es enviada vía celular a un centro de control dónde se recopila, se analiza y por medio de una página web el usuario interesado puede acceder a ésta información.

Qué tipo de información se obtiene?

### 3.4.1 Apoyo logístico

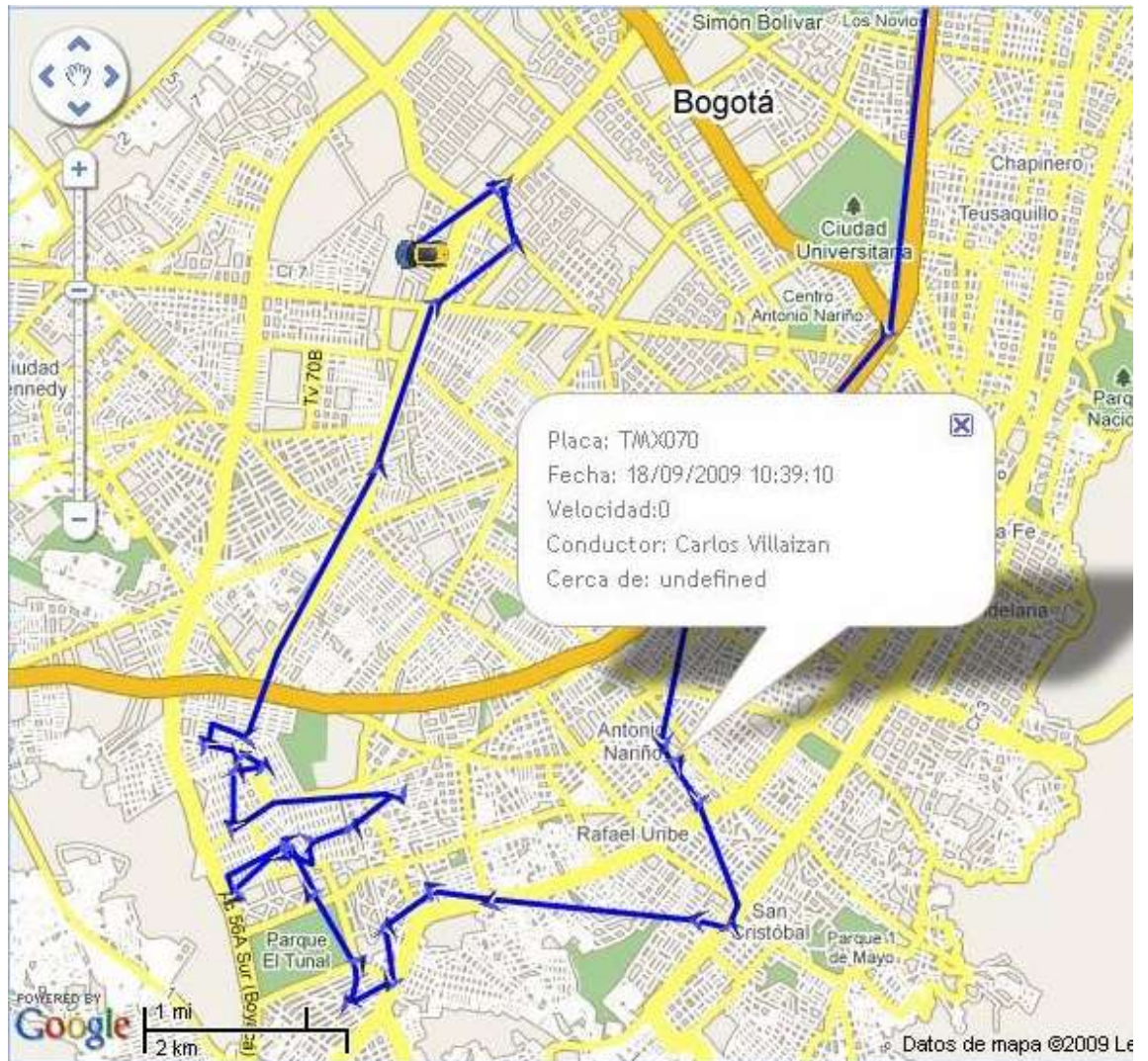
- Ubicación de toda la flota en tiempo real: una de las herramientas tecnológicas es una antena GPS, la cual proporciona la ubicación del vehículo en coordenadas x, y las cuales son superpuestas en mapas satelitales y cartografía digital. El usuario accede a la página y puede visualizar en dónde se encuentra un vehículo.

**Ilustración 5 Ubicación actual de la flota. (Century Control, 2009)**



- Cumplimiento de una ruta por vehículo: Con éste sistema se puede recrear que trayectoria ha realizado un vehículo y su itinerario. El sistema manda señales en cada vez que el vehículo pasa por un punto de control previamente creado por el usuario.

Ilustración 6 Recorrido por vehículo. (Century Control, 2009)



- Medición de carga y descarga: Por medio de geocercas (localizaciones) creadas por el usuario se puede obtener el tiempo que permanece el vehículo en dicha localización como plantas, clientes ó puntos prohibidos.



**Tabla 5 Informe Permanencia de Vehículo en Localización. (Century Control, 2009)**

Placa	Localización	Fecha inicial	Fecha final	Tiempo
<b>SNK289</b>				
	Planta A	2009-08-11 11:59:29.000	2009-08-11 15:34:04.000	03:34:35
			<b>Total tiempo en la localización</b>	<b>03:34:35</b>
<b>SNK319</b>				
	Planta A	2009-08-04 09:43:31.000	2009-08-04 11:30:16.000	01:46:45
			<b>Total tiempo en la localización</b>	<b>01:46:45</b>
<b>SNK320</b>				
	Planta A	2009-08-11 14:10:18.000	2009-08-11 15:11:58.000	01:01:40
			<b>Total tiempo en la localización</b>	<b>01:01:40</b>

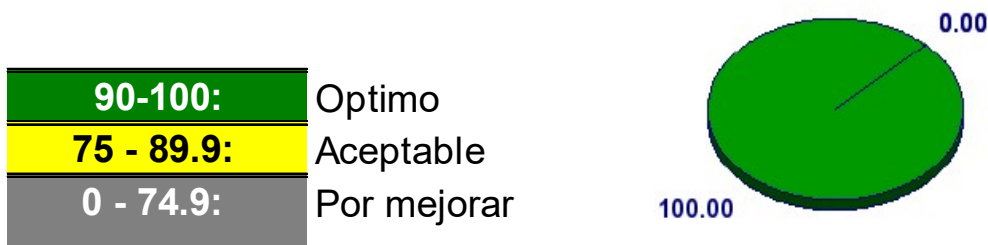
- Medición de tiempos muertos: Es posible saber donde estuvo detenido el vehículo, el usuario puede verificar si es un sitio conocido (cliente) o por el contrario una coordenada.

### **3.4.2 Gestión de conductores**

A cada conductor se le entre un chip (llave) el cual cumple la función de identificar quien está manejando cada vehículo, proporcionando información de su desempeño y sus hábitos de conducción, con el fin de controlar, analizar y gestionar su desempeño.

- Medición de variables: A través de la medición de las siguientes variables podemos determinar el desempeño de cada conductor. Las variables son:
  - Excesos de velocidad
  - Excesos de RPM
  - Frenadas bruscas
  - Aceleraciones bruscas
  - Zona verde del motor donde el motor encuentra su mejor desempeño, eficiencia, potencia, menos consumo de combustible y menos emisiones de CO2
  - Ralentí excesivo: Vehículo con motor encendido con velocidad cero, por más de x tiempo.

**Tabla 6 Informe Ranking de operación mensual por conductor. (Century Control, 2009)**



Conductor	Vel	Max Vel. (km/h)	Calific. RPM	Max. RPM	Calific. Fren B.	Max. Fren.Br usca	Calific. Ralenti	Tiempo Ralenti	Calific. Zona verde	Calific. Acel. B.	Max. Acel. Brusc as	Total
Edwin Enrique Ruiz	99	86	100	2600	100	15	100	00:00:00	93	100	13	98
Eduardo Medina Arroyave	99	83	100	2700	100	12	100	00:00:00	90	100	8	98
Juan Carlos Median Mesa	98	87	99	2900	100	15	98	00:25:04	92	98	13	97
Diego Tobon Tobon	99	88	100	2600	100	12	98	00:07:58	90	100	10	97
Jhon Fredy Miranda	99	81	100	2600	100	12	100	00:00:00	85	100	10	96
Ruben Dario Cano	95	87	100	2700	99	18	99	00:07:02	91	90	16	95
Carlos Alberto Bedoya	96	83	100	2600	99	49	98	00:20:15	86	99	15	95
Oscar Orlando Jaramillo	97	89	100	2400	99	16	97	00:12:55	84	100	10	95
Freddy Orrego Parra	93	89	100	2700	96	24	100	00:09:21	81	91	17	93
Jose Villey Rivera Mejia	86	89	100	2500	99	18	100	00:02:41	74	99	13	92

### 3.4.3 Control de la flota

Además de las herramientas anteriores que permiten que optimizar el proceso logístico y los costos operativos de transporte también hay herramientas que permiten tener control total de la flota. Cómo:

- Consumo de combustible: se puede medir el consumo real que está teniendo un vehículo, arrojando datos como distancias recorridas, galones consumidos y rendimiento por tipo de vehículo.
- Reconstrucción de siniestros y mantenimientos correctivos: el sistema puede obtener información segundo a segundo de variables como RPM, velocidad,

temperatura del motor, que permiten reconstruir eventos como siniestros, y mantenimientos, analizando así si la causa de éstos fue una falla mecánica o un mala operación del vehículo.

- Botón de pánico: se instala en cada vehículo un botón que al ser presionado, que apoya al conductor en cualquier situación de emergencia. La señal llega al centro de control y éstos tienen un plan de acción para ayudar al conductor.

#### **3.4.4 Aportes y beneficios del sistema de información**

- Optimización de los costos operativos como consumo de combustible, llantas y mantenimientos correctivos
- Mejoramiento en la disponibilidad de la flota y por ende nivel de servicio
- Reducción en niveles de accidentalidad
- Reducción en robos
- Informes gerenciales que ayudan a tomar decisiones al usuario
- Se conocen las principales falencias de los conductores, se pueden atacar con capacitaciones
- Se optimizan las rutas, pues se controla que el conductor cumpla la ruta preestablecida y a tiempo.
- Identificación de cuellos de botella en la operación, al medir tiempos de cargue y descargue en las localizaciones se puede encontrar algún cliente que retrase la operación con altos tiempos de descargue.
- Control, medición y reducción en los tiempos de cargue y descargue.
- Trazabilidad del vehículo y su mercancía.

#### **3.5 Pago y bonificación conductores**

Dada la importancia que el conductor representa para el buen desempeño del negocio, es importante tener no sólo esquemas de remuneración que le permitan a éste mejorar sus

ingresos sino también contar con herramientas que permitan diseñar unos adecuados diseños de los programas de formación y crecimiento del recurso humano

El objetivo fundamental consiste en tener un grupo de conductores de adecuada calidad, que sea remunerado de acuerdo a su competencia laboral, en dónde para obtener una buena eficiencia de éste grupo humano, su remuneración se defina por un básico (mínimo) y un pago variable que se obtendría por el cumplimiento de unas metas que se describen a continuación.

### **3.5.1 Pago variable por kilometro recorrido**

Es un reconocimiento en pesos establecido por cada km recorrido adicional al mínimo exigido. Esta metodología le permite a la compañía ajustar sus gastos de distribución en función de las toneladas entregadas.

### **3.5.2 Pago variable por cumplimiento en los tiempos de entrega**

Utilizando un indicador de cumplimiento de tiempos en ruta establecidos, se bonificará aquellos que la final del mes hayan cumplido con un porcentaje establecido. Se excluyen causas de fuerza mayor (derrumbes)

### **3.5.3 Pago de una incentivo por cumplir las variables en calidad de conducción**

(Ver página 38) se hace un ranking mensual de conductores dónde algunos recibirán bonificación por su buen desempeño, otras acciones disciplinarias por grandes desviaciones en los estándares. Luego con dicha información se diseñaran capacitaciones dónde se presenten falencias. El objetivo es evitar maltratos al vehículo, altas velocidades con el fin de recorrer más kilómetros, accidentes, pues todo esto lleva tener altos costos por pago de seguros, incapacidades e indemnizaciones.

**Ilustración 7 Mejores puntajes del Ranking de conductores. (Century Control, 2009)**



Conductor	Vel	Max Vel. (km/h)	Calific. RPM	Max. RPM	Calific. Fren B.	Max. Fren.Br usca	Calific. Ralenti	Tiempo Ralenti	Calific. Zona verde	Calific. Acel. B.	Max. Acel. Brusc as	Total
1 Edwin Enrique Ruiz	99	86	100	2600	100	15	100	00:00:00	93	100	13	98
2 Eduardo Medina Arroyave	99	83	100	2700	100	12	100	00:00:00	90	100	8	98
3 Juan Carlos Median Mesa	98	87	99	2900	100	15	98	00:25:04	92	98	13	97

Con la combinación del pago fijo y variable, se obtienen beneficios, pues él la empresa no incurre en grandes costos, pues en su mayoría son variables y dependen de la operación, además el conductor podrá aumentar sus ingresos con un buen desempeño.

## 4. CONCLUSIONES

Aumentando la eficiencia en el proceso de distribución mediante las variables propuestas en el trabajo se puede entregar un mayor número de toneladas con los mismos vehículos iniciales además se puede obtener los siguientes beneficios:

Se tiene una capacidad de respuesta rápida a una demanda creciente.

Aumento en el nivel de servicio y satisfacción de los clientes, pues hay un mejoramiento en los tiempos de entrega. Entregas completas, rápidas y oportunas, pues se tiene un mayor control sobre los pedidos.

Aumento en los ingresos generados al incrementar la capacidad de distribución, se puede atender un mayor número de pedidos, además el buen servicio genera fidelidad en los clientes que generan ingresos a largo plazo.

Disminución de los costos fijos, pues parte del salario de los conductores es variable, además si la flota es alquilada

Menor impacto negativo en el medio ambiente, pues se optimiza el consumo de combustible, se reduce número de vehículos circulando de manera innecesaria ,y se evita que se circulen cargados por debajo de las capacidades máximas.

Se evita el hurto de cemento y combustible. Con el sistema de información de rastreo satelital puedo controlar mi flota, y tengo trazabilidad de mi producto.

Existe una mejor planeación de la programación de entregas al tener mayor control sobre la flota.

Trabajo más eficiente al contar con un grupo de conductores motivados, dando satisfacción al cliente, y siendo más cuidadoso con el vehículo.

Muchas veces las empresas pretendiendo optimizar sus operaciones realizan altas inversiones en tecnología sofisticada, y finalmente terminan complicando más los procesos, desperdiciando recursos y sin resolver el problema esencial, por eso es muchas veces más valioso utilizar el sentido común y la información elemental para resolver la esencia de los problemas.

En éste trabajo se pudo ver la importancia de complementar el aprendizaje visto en la universidad con la experiencia práctica y la realidad de las empresas, pues es necesario adaptar esos conocimientos de acuerdo a las circunstancias que se presentan en el día a día.

Este trabajo fue diseñado para el transporte de cemento a granel, pero las soluciones presentadas pueden ser utilizadas para cualquier proceso de transporte y distribución, adaptando las variables requeridas.

## **5. RECOMENDACIONES**

La empresa debe establecer metas claras y objetivos en su proceso, debe apuntar a tiempos de cargue y descargue ideales, nivel de servicio, cumplimiento en las rutas, para orientar sus esfuerzos a las actividades que contribuyan a sus metas.

Es importante que la empresa tenga indicadores de gestión del proceso de distribución, por ejemplo rango de duración de los tiempos de cargue y descargue, tiempo estimado en las rutas, identificando así los clientes y las rutas más críticas, para concentrarse en esos puntos débiles.

Se recomienda utilizar una herramienta de modelación y simulación especializada en transporte para obtener información acerca del número ideal de vehículos para realizar la operación, y compararse con la situación actual, si es necesario tomar medidas para aumentar la eficiencia y disminuir el tamaño de la flota.

Se recomienda utilizar un sistema de información que soporte la operación logística permitiendo medir las variables requeridas y teniendo un mayor control de la flota.

Uno de los aspectos que es más necesario en el proceso de transporte es la educación y capacitación de los conductores, ya que éstos individuos representan una variable fundamental en el desarrollo de la operación, por la tanto se recomienda tener una selección rigurosa del personal y contar con una adecuada capacitación constante.



## 6. BIBLIOGRAFÍA

Asociación de Productores de cemento. (2009). *Asociación de Productores de cemento*. Recuperado el 20 de abril de 2009, de [www.asocem.org.pe](http://www.asocem.org.pe)

Cementos Argos. (2000).

Cementos Argos. (2009). *Proceso granel*.

Century Control. (4 de Septiembre de 2009). *Century Control*. Recuperado el 4 de Septiembre de 2009, de [www.centurycontrol.com](http://www.centurycontrol.com)

Departamento Nacional de Planeación. (2004). *Cemento y sus aplicaciones*. Recuperado el 23 de Mayo de 2009, de Departamento Nacional de Planeación: [http://www.dnp.gov.co/archivos/documentos/DDE\\_Desarrollo\\_Emp\\_Industria/cemento.pdf](http://www.dnp.gov.co/archivos/documentos/DDE_Desarrollo_Emp_Industria/cemento.pdf)

Departamento Nacional de Planeación. (2008). *Documento Conpes 3547*. Bogotá.

GSI Colombia. (2008). *Gestión de los sistemas integrados en Colombia*. Recuperado el 2009, de GSI Colombia: <http://www.gsicolombia.com/>

Ministerio de Transporte. (2001). *Operación del transporte de carga por carretera en Colombia*. Bogotá D.C.

Renting Colombia. (2007). Medellín.

Transportempo S.A. (2008). Medellín.



