

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO DE ASIGNACIÓN PARA LA  
PROGRAMACIÓN DE LOS EQUIPOS DE BOMBEO EN HOLCIM (Colombia)  
S.A. ZONA CENTRO**

**PAULA ANDREA HOYOS OROZCO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECHANICAS  
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES  
BUCARAMANGA  
2008**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO DE ASIGNACIÓN PARA LA  
PROGRAMACIÓN DE LOS EQUIPOS DE BOMBEO EN HOLCIM (Colombia)  
S.A. ZONA CENTRO**

**PAULA ANDREA HOYOS OROZCO**

**Trabajo de grado en la modalidad de práctica empresarial para optar al título  
de Ingeniero Industrial**

**Director  
JAVIER EDUARDO ARIAS OSORIO  
Ingeniero de Sistemas  
UIS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECANICAS  
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES  
BUCARAMANGA  
2008**

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
1. ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO.....	3
1.1. NOMBRE DEL PROYECTO Y RESPONSABLES.....	3
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.3. OBJETIVOS.....	3
1.3.1. Objetivo General.....	3
1.3.2. Objetivos Específicos.....	3
1.4. ALCANCE.....	4
2. ESTADO DEL ARTE.....	5
2.1. PROGRAMACIÓN LINEAL.....	5
2.1.1. Problema de Transporte.....	6
2.1.2. Problema de asignación.....	7
2.2. PROBLEMAS DE OPTIMIZACIÓN COMBINATORIA.....	8
2.2.1. Problema de programación de tareas “Scheduling”.....	8
2.2.2. Planificación de trabajos en cola “Job Scheduling”.....	8
2.2.3. Planificación de acciones “Task Scheduling”.....	8
2.2.4. Programación de máquinas paralelas.....	9
2.3. VENTANAS DE TIEMPO.....	10
2.4. ESTUDIO DE TIEMPOS.....	10
2.4.1. Definición del estudio de tiempos.....	10
2.4.2. Objetivos del estudio de tiempos.....	10
2.4.3. Técnicas para el estudio de tiempos.....	11
2.5. BOMBEO DE CONCRETO.....	12
2.5.1. Ventajas del bombeo de concreto.....	12
2.5.2. Equipos de bombeo.....	12
2.5.3. Programación de bombeo.....	13
3. GENERALIDADES DE LA EMPRESA.....	15
3.1. RESEÑA HISTÓRICA.....	15

<b>3.2. RAZÓN Y OBJETO SOCIAL</b> .....	16
3.2.1. Razón Social .....	16
3.2.2. Objeto Social.....	16
<b>3.3. LOCALIZACIONES</b> .....	16
<b>3.4. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL</b> .....	16
<b>3.5. MISIÓN Y VISIÓN</b> .....	18
3.5.1. Misión.....	18
3.5.2. Visión.....	18
<b>3.6. POLÍTICA INTEGRAL Y VALORES</b> .....	18
3.6.1. Política Integral. Calidad, Medio Ambiente, Salud Ocupacional y Seguridad .....	18
3.6.2. Valores. Fortaleza. Desempeño. Pasión.....	18
<b>3.7. PRODUCTOS Y SERVICIOS</b> .....	19
3.7.1. Productos.....	19
3.7.2. Servicios. ....	20
3.7.2.1. Transporte del concreto.....	20
<b>3.8. ÁREA DE DISTRIBUCIÓN Y TRANSPORTE</b> .....	21
<b>4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL</b> .....	24
<b>4.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO</b> .....	25
4.1.1. Procedimiento actual para la programación de los equipos de bombeo.....	25
<b>4.2. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	26
4.2.1. Identificación de variables y restricciones.....	28
<b>4.3. INDICADORES DE GESTIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE BOMBEO</b> .....	30
4.3.1. Cumplimiento de la programación de bombeo.....	30
4.3.2. Porcentaje de volumen bombeado.. ....	31
4.3.3. Utilización de los equipos.....	31
<b>4.4. ASPECTOS CRÍTICOS Y DE MEJORA</b> .....	31
<b>5. DESARROLLO DEL MODELO</b> .....	32
<b>5.1. FORMULACIÓN DEL MODELO</b> .....	32
5.1.1. Matriz de datos.. ....	32
5.1.2. Matriz de asignación.. ....	32

5.1.3.	Restricciones.....	33
5.1.4.	Función Objetivo. ....	33
5.1.5.	Formulación matemática del modelo. ....	33
5.2.	PLANTEAMIENTO DE MEJORAS.....	33
5.3.	CÁLCULO DEL TIEMPO DE CICLO DE VIAJE DE BOMBEO .....	34
5.4.	DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA.....	37
5.4.1.	Establecimiento de parámetros. ....	37
5.4.3.	Creación de bases de datos. ....	39
5.4.4.	Creación de plantilla para el ingreso de información. ....	41
5.5.	FUNCIONAMIENTO DE LA HERRAMIENTA .....	42
6.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	44
6.1.	PRUEBA PILOTO E IMPLEMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA.....	44
6.2.	ANÁLISIS DE INDICADORES DE GESTIÓN .....	45
6.2.1.	Porcentaje de volumen bombeado .....	46
6.2.2.	Cumplimiento programación de bombeo.....	46
6.2.3.	Utilización de los equipos de bombeo.. ....	47
7.	CONCLUSIONES .....	48
8.	RECOMENDACIONES.....	50
	BIBLIOGRAFÍA.....	51
	ANEXOS.....	52

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Pluma de distribución autobomba.....	13
Figura 2. Bomba Estacionaria.....	14
Figura 3. Holcim Ltd. en Colombia.....	17
Figura 4. Comité Ejecutivo Holcim (Colombia) S.A.....	17
Figura 5. Diagrama de flujo del proceso de distribución de concreto .....	22
Figura 6. Esquema general del procedimiento para la programación de los equipos de bombeo.....	27
Figura 7. Tiempo Promedio Bombeo 2007 .....	36
Figura 8. Parámetros de decisión .....	38
Figura 9. Tiempos promedio de Bombeo en herramienta.....	38
Figura 10. Base de datos Clientes.....	39
Figura 11. Base de datos Cumplimiento .....	40
Figura 12. Base de datos UPZ.....	40
Figura 13. Asignación equipos de bombeo.....	41
Figura 14. Plantilla de programación .....	42
Figura 15. Nuevo procedimiento programación equipos de bombeo.....	45
Figura 16. Porcentaje Volumen Bombeado .....	46
Figura 17. Cumplimiento Programación Bombeo .....	47

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Cemento: referencias, descripción y usos .....	20
Tabla 2. Concreto: referencias, descripción y usos .....	21
Tabla 3. Problemática – Solución propuesta .....	34

## **LISTA DE ANEXOS**

ANEXO A. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL ÁREA DISTRIBUCIÓN ZONA CENTRO

ANEXO B. FORMATO DE PROGRAMACIÓN SEMANAL DE CONSUMO DE CONCRETO EN OBRA Y PROGRAMACIÓN DE BOMBA

ANEXO C. PROGRAMACIÓN DIARIA DE SERVICIOS DE BOMBEO

ANEXO D. FORMATO CONTROL DE VISITA A OBRA

ANEXO E. REPORTE DE TIEMPOS DE EQUIPOS DE BOMBEO

ANEXO F. FORMATO CONTROL DE COLOCACIÓN DE M3 CON BOMBA

ANEXO G. GEOREFERENCIACIÓN POR UPZ DE OBRAS HOLCIM (COLOMBIA) S. A. ZONA CENTRO

ANEXO H. LISTADO UPZ REGLAMENTADAS

ANEXO I. LISTADO UPZ CON TIEMPOS DE RECORRIDO

ANEXO J. MANUAL DE OPERACIÓN DE LA HERRAMIENTA

## RESUMEN

**TÍTULO:** DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO DE ASIGNACIÓN PARA LA PROGRAMACIÓN DE LOS EQUIPOS DE BOMBEO EN HOLCIM (Colombia) S.A. ZONA CENTRO.\*

**AUTOR:** HOYOS OROZCO, Paula Andrea\*\*

**PALABRAS CLAVES:** modelo de asignación, distribución, equipo de bombeo, concreto, macros en Microsoft Excel, Holcim.

### DESCRIPCIÓN:

La distribución de concreto para Holcim (colombia) S.A. Zona Centro centraliza sus operaciones de programación y despacho de concreto así como de otros servicios adicionales a través del Centro de Soluciones en Concreto<sup>1</sup>, ubicado en la planta de producción de Puente Aranda (Bogotá, Colombia). Entre los servicios adicionales que son manejados por el CSC se encuentra la prestación de servicios de bombeo para la colocación de concreto.

En el presente documento se abarca la identificación del problema que se genera de la programación de los servicios de bombeo de acuerdo a la demanda de los clientes y a las capacidades y recursos de la compañía; como recursos se entienden los equipos de bombeo, personal operativo y relevos de personal para un determinado número de equipos, la capacidad esta determinada por la producción de concreto. También incluye la metodología llevada a cabo para la implementación de acciones de mejora para la situación planteada.

El principal propósito de este trabajo es lograr el diseño e implementación de una herramienta computacional con macros en Microsoft Excel que permita el ingreso de las solicitudes y entregue como resultado una asignación preliminar de los equipos. Para el desarrollo de la herramienta fue necesario trabajar en la recolección de base de datos para poder establecer los parámetros para la unificación de criterios en la toma de decisiones.

Actualmente el CSC cuenta con una nueva herramienta para la programación de los servicios de bombeo que ha permitido obtener asignación preliminar de los equipos garantizando la objetividad de los resultados.

---

\* Proyecto de grado modalidad práctica empresarial

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas; Escuela de estudios Industriales y Empresariales; Programa de Ingeniería Industrial; Ingeniero Javier Arias Osorio, director de proyecto.

<sup>1</sup> De aquí en adelante Centro de soluciones en Concreto se denominará con la sigla CSC.

## SUMMARY

**TITLE:** DESIGN AND IMPLEMENTATION OF AN ASSIGNMENT MODEL FOR PUMP EQUIPMENT SCHEDULE AT HOLCIM (Colombia) S.A. CENTER ZONE.\*

**AUTHOR:** HOYOS OROZCO, Paula Andrea\*\*

**KEY WORDS:** Assignment model, distribution, pump equipment, concrete, Microsoft Excel, Holcim.

### **DESCRIPTION:**

Concrete distribution for Holcim (Colombia) S.A. Center Zone, centralizes its scheduling and dispatch operations as well as other additional services through the Center of Concrete Solutions<sup>1</sup>, located in Puente Aranda's production plant (Bogotá, Colombia). Among the additional services managed by the CSC, there is the provision of pump service for concrete placement.

This document covers the identification of the problem generated by the pump equipment assignment according to the demand and to the capabilities and resources of the company; as resources are understood the pumping equipment, the operational personnel and the number of personnel relief for a determinate number of equipments, the capacity is determining by the production on concrete. It also includes the methodology used to the implementation of improvement actions for the explained situation.

The main goal of this project is to achieve the design and implementation of a computing tool in Microsoft Excel (Visual Basic), which allows the entrance of demands and gives as a result a preliminary equipment assignment. For the development of the tool it was needed to collect some databases so that the parameters to unified criteria for decision making could be established.

Nowadays the Center of Concrete Solutions counts with a new device for the pump scheduling services, which has allows to obtain a preliminary equipment assignment guaranteeing the objectiveness of the results.

---

\* Bachelor Degree Project, modality as Internship

\*\* Physical - Mechanical engineering's Faculty; School of Industrial and Enterprise studies; Industrial Engineering Program; IE Javier Arias Osorio, project director.

<sup>1</sup> From now on the Center of Concrete Solutions it is going to be denominated as CSC.

## INTRODUCCIÓN

El grupo empresarial Holcim tienen presencia en más de 70 países del mundo desarrollando actividades de explotación y comercialización de productos y servicios como lo son: la extracción de cemento y agregados y la producción y distribución de concreto premezclado a obras.

En Colombia este grupo empresarial ha desarrollado su actividad económica por más de 50 años, inicialmente se le conoció con el nombre de Cementos Boyacá y Concretos Premezclados. Alrededor de dos años atrás, el grupo empresarial decidió darle el nombre de la casa matriz a sus industrias conociéndose en nuestro país como Holcim (Colombia) S. A.

El proyecto que se presenta en este documento ha sido elaborado en el área de distribución de concreto premezclado a obra en la principal planta del país ubicada en Puente Aranda (Bogotá, Colombia).

Esta área distribuye el concreto para lo que la compañía denomina la zona centro del país incluyendo entonces a Bogota D.C., zona metropolitana y municipios aledaños como Chía, Soacha, Madrid, Facatativa, Briceño entre otros.

El área de distribución esta compuesta por tres coordinaciones básicas: coordinación de transporte la cual maneja el personal de conductores de mixer, coordinación de mantenimiento encargada del mantenimiento de la flota y coordinación del centro de soluciones en concreto encargada de la programación y despacho de concreto y de otros servicios adicionales. Entre los servicios adicionales prestados por el Centro de Soluciones en Concreto se encuentra la programación de los servicios de bombeo. En algunas ocasiones las obras para la colocación del concreto necesitan de equipos especiales denominados equipos de bombeo, permiten la colocación del concreto en elementos de altura o de difícil acceso a través de una tubería o brazo donde se moviliza el producto desde la bomba hasta el elemento que se quiere fundir.

Cuando el cliente necesita este servicio debe realizar la solicitud en el fax de programación semanal especificando el volumen a fundir, longitud de tubería o brazo necesario para llegar al elemento, día y hora del servicio y tipo de concreto a utilizar.

Es en el procedimiento para la asignación de los equipos de bombeo en donde se ha identificado la problemática que es trabajada a lo largo de este proyecto. Esta problemática fue identificada por el autor encontrando que el procedimiento manejado por la compañía hasta el momento para la programación y asignación

de los equipos carece de unificación de criterio y objetividad para la toma de decisiones, no garantiza la máxima utilización de los equipos y no tiene establecido parámetros de decisión que permitan la adecuada asignación de los equipos de acuerdo a las necesidades de los clientes.

Como solución a esta problemática se presentan en este documento las acciones de mejora llevadas a cabo para canalizar cada uno de los problemas mencionados anteriormente. Se realizó un estudio de tiempos basado en datos históricos para el cálculo del ciclo de viaje de bombeo, se construyeron bases de datos para la recopilación y fácil manejo de la información, se establecieron parámetros de decisión para asignación de los equipos y finalmente se desarrolló una herramienta computacional que además de permitir el ingreso de las solicitudes da como resultado una asignación preliminar de los equipos trabajando bajo un modelo de asignación sencillo de acuerdo a las variables y restricciones que fueron identificadas en el problema.

De la implementación de esta herramienta en la compañía se pudo obtener una mejor distribución en la asignación de los servicios lo que se evidencia en la disminución de la desviación estándar del indicador que mide la utilización de la capacidad de los equipos de bombeo en el periodo de desarrollo del trabajo. Adicionalmente con el establecimiento de los parámetros de decisión se logra la unificación del criterio y objetividad de los resultados garantizando que sin importar el asesor que desarrolle la tarea la asignación será la adecuada de acuerdo a las necesidades de los clientes y capacidades de los equipos.

## **1. GENERALIDADES DEL PROYECTO**

### **1.1. NOMBRE DEL PROYECTO Y RESPONSABLES**

El presente proyecto se titula “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO DE ASIGNACIÓN PARA LA PROGRAMACIÓN DE LOS EQUIPOS DE BOMBEO EN HOLCIM (Colombia) S. A. ZONA CENTRO**” el cual fue desarrollado por la estudiante de Ingeniería Industrial Paula Andrea Hoyos Orozco.

### **1.2. JUSTIFICACIÓN**

El desarrollo de este proyecto se realiza en búsqueda de una oportunidad de mejora en el procedimiento de la asignación de los equipos de bombeo. La necesidad surge porque en el actual procedimiento, la asignación de los equipos es manejada bajo el criterio individual de los asesores de servicio y no se garantiza la programación de los equipos de acuerdo a sus capacidades y las necesidades del cliente. La consecución de esta propuesta tiene como fin mostrar que de manera organizada y eficiente se podrán programar de una forma segura los servicios de bombeo solicitados.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. Objetivo General**

Diseñar e implementar un modelo de asignación para la programación de los equipos de bombeo en Holcim Colombia regional Bogotá cuyos resultados permitan la máxima utilización de la capacidad de los equipos de bombeo y sean el punto de partida para la toma de decisiones de la programación definitiva de los equipos.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Realizar un análisis del estado actual de los indicadores de gestión que se relacionan directamente con el bombeo de concreto.
- Elaborar un diagnóstico de la situación actual que permita identificar las posibles variables y restricciones del problema.
- Recolectar la información necesaria para la medición y control de las variables y restricciones del problema.
- Realizar la formulación del problema.

- Diseñar e implementar un modelo de asignación que se adapte a los requerimientos de la empresa y de los clientes.
- Resolver el problema a través del uso de una herramienta prototipo del modelo.
- Comparar los resultados obtenidos del modelo con los resultados del diagnóstico realizado inicialmente.

#### **1.4. ALCANCE**

Diseño e implementación de un modelo de asignación adaptado a las características, necesidades y restricciones de la programación de los servicios de los equipos de bombeo a las demandas en la zona centro.

Durante el diseño del modelo será necesario la recopilación y manejo de información obtenida del trabajo de campo realizado para la identificación de las variables y restricciones del modelo. Esta información será documentada en formatos existentes y si es necesario se crearán nuevos formatos, los cuales deberán ser acordes al sistema de gestión de calidad de la compañía.

La implementación y solución del modelo se llevará a cabo a través del uso de un prototipo de la herramienta, la cual será elaborada dependiendo de los requerimientos del modelo en lenguajes de programación como: Visual Basic, Java, Gams ó Xpress.

Como resultado final se tendrá entonces un nuevo procedimiento para la programación de los servicios de los equipos de bombeo, el cual estará definido por los resultados obtenidos del modelo que serán generados por el prototipo de la herramienta elaborado.

## 2. ESTADO DEL ARTE

Este capítulo incluye la documentación base del autor para el desarrollo del proyecto; inicialmente se presenta información sobre programación lineal, el problema de transporte y de asignación de donde se identificaron posibles soluciones para la problemática de la empresa. Adicionalmente se abarca en temas relacionados con organización y métodos para la estandarización del ciclo de viaje de bombeo. Finalmente se presenta información sobre las características y ventajas del bombeo de concreto. Esta documentación se utiliza como fundamento para ampliar el conocimiento del autor ante posibles restricciones y variables que deberían tenerse en cuenta en el momento de la asignación de los equipos.

### 2.1. PROGRAMACIÓN LINEAL

La programación lineal es un área amplia de investigación y desarrollo en el campo de la investigación de operaciones y de la programación matemática que permite modelizar diferentes tipos de problemas mediante funciones lineales<sup>1</sup> y ayudar a la toma de decisiones de las organizaciones.

Dentro del amplio campo de acción de la programación lineal se encuentran generalmente problemas orientados a la planeación de actividades para la asignación de recursos escasos buscando obtener un resultado óptimo entre todas las alternativas de solución a través del uso de modelos matemáticos cuyas funciones deben ser lineales..

En un principio la programación lineal estuvo concentrada en la programación de operaciones militares, sin embargo todos estos modelos se empezaron a utilizar rápidamente en la industria.

Actualmente existen miles de aplicaciones para la programación lineal; las siguientes situaciones son modelos documentados con los que se puede evidenciar su aplicación en el día a día<sup>2</sup>.

- Asignación de la flota de aviones: Los modelos de programación lineal se han usado para asignar a cada aeronave una secuencia de tiempo, aeropuertos buscando en este caso maximizar las ganancias y la satisfacción del cliente.

---

<sup>1</sup> HILLIER – LIEBERMAN. Investigación de Operaciones, Capítulo 3 Introducción a la programación lineal.

<sup>2</sup> Página Web [www.inf.utfsm.cl/~mcriff/fio/redes/aplicaciones-pl.html](http://www.inf.utfsm.cl/~mcriff/fio/redes/aplicaciones-pl.html)

- Planificación de la expansión de redes de telecomunicaciones: Para este caso los modelos lineales han sido utilizados para minimizar el costo total de la expansión y de la instalación de la red.
- La industria diaria: Día a día las plantas deben tomar decisiones de planificación para el flujo del producto, equipo, asignación de personal y transporte. En estos casos los modelos han sido usados para la planificación de la producción óptima que toman en cuenta las limitaciones de los equipos, demanda y flujo del producto.
- Distribución de materia prima: Se crearon modelos de programación lineal para lograr la asignación de conductores a camiones, de camiones a rutas buscando un modelo global que minimizara los costos. Todo esto basado en restricciones de trabajo por conductor, horario de atención de las fábricas, condiciones de la ruta y rutas alternativas.

**2.1.1. Problema de Transporte.** El problema de transporte recibe su nombre ya que la mayoría de sus aplicaciones están enfocadas a determinar la manera óptima de transportar bienes<sup>3</sup>, sin embargo cuando se hace referencia a la programación de la producción no se hace relación en ningún momento con el transporte de bienes.

El problema de transporte es un problema de optimización de redes enfocado en la distribución de bienes desde cualquier grupo de centros de suministro (orígenes) a cualquier grupo de centros de recepción (destinos), con el propósito de minimizar el costo de distribución.

Dentro de las características del problema de transporte se encuentran:<sup>4</sup>

- **Suposición de requerimientos:** Cada origen tiene un suministro fijo que debe entregar completamente en los destinos, e igualmente los destinos tienen una demanda fija que debe ser abastecida por los orígenes.
- **Propiedades de soluciones factibles:** Un problema de transporte tendrá solución en el momento en que la suma de sus recursos sea igual a la suma de sus demandas.

---

<sup>3</sup> HILLIER - LIEBERMAN. Investigación de operaciones, Capítulo 8 Problemas de transporte y asignación.

<sup>4</sup> Página Web <http://webdelprofesro.ula.ve/ingeniería/abriceno/IO-B2004/problemas%20transporte%20y%20asignación.pdf>

- **Suposición de costo:** El costo de distribuir ciertas cantidades desde cualquier origen a cualquier destino es directamente proporcional a las cantidades distribuidas. Este costo es entonces, el costo unitario de distribución por las cantidades distribuidas.
- **El modelo:** Cualquier problema se puede ajustar a un problema de transporte siempre y cuando este pueda ser descrito en términos de una tabla de parámetros (origen-destino: costos, recursos, demanda), y satisface al mismo tiempo la suposición de requerimientos y la suposición del costo.

**2.1.2. Problema de asignación.** Los modelos de asignación reciben su nombre debido a la aplicación particular de asignar trabajos a máquinas con la condición de que a cada máquina se le asignará un trabajo y a cada trabajo una máquina, es decir, se asocian igual número de orígenes con igual número de demandas. Para que un problema de este tipo pueda tener solución debe cumplir con la siguiente condición necesaria: Los recursos totales deben ser iguales a las demandas totales. Este modelo puede ser aplicado en situaciones de asignación de: trabajadores, oficinas al personal, vehículos a rutas, máquinas, vendedores a regiones entre otros.

Los modelos de asignación se diferencian de los modelos de transporte en que se asocian igual número de orígenes con igual número de demandas, y las ofertas en cada origen es de valor uno, como lo es la demanda en cada destino.

Los siguientes son considerados casos especiales del modelo de asignación<sup>5</sup>:

- **Oferta y demanda desiguales.** En el momento en que la oferta y la demanda son desiguales se debe crear un actividad ficticia con costo cero de manera que se cumpla la condición necesaria donde el número de ofertas debe ser igual al número de demandas.
- **Problemas de maximización.** Se presenta cuando la solución óptima hace referencia a una utilidad y no a un costo, cuyos variantes son considerados como beneficios y no como un costo.
- **Problemas con asignación inaceptable.** Cuando se presente una asignación inaceptable a esta situación se le asignará un costo arbitrariamente alto, el cual será representado mediante la letra M. Este

---

<sup>5</sup> Página Web <http://www.itson.mx/dii/elgarda/apagina2001/PM/asiganción.html>

valor será tan grande que en el momento en que se le reste un número finito cualquiera será siempre mucho mayor.

Si las ofertas y las demandas son desiguales asignará una actividad ficticia para cumplir con el balance entre ofertas y demandas.

## 2.2. PROBLEMAS DE OPTIMIZACIÓN COMBINATORIA

La optimización combinatoria es una rama de la optimización en matemáticas aplicadas y en ciencias de la computación, relacionada a la investigación de operaciones, teoría de algoritmos y teoría de la complejidad computacional. También está relacionada con otros campos, como la inteligencia artificial e ingeniería de software. Los algoritmos de optimización combinatoria resuelven instancias de problemas que se creen ser difíciles en general, explorando el espacio de soluciones (usualmente grande) para estas instancias. Los algoritmos de optimización combinatoria logran esto reduciendo el tamaño efectivo del espacio, y explorando el espacio de búsqueda eficientemente<sup>6</sup>.

**2.2.1. Problema de programación de tareas “Scheduling”.** También conocido como el problema de Scheduling tiene sus antecedentes en la planificación industrial y en la programación de trabajos de procesadores en los indicios de la microelectrónica. Las variables de este problema dependen tanto de las tareas como de las máquinas, entre las variables más difíciles de plantear debido a su complejidad computacional se encuentra aquella en donde las tareas son dependientes y las máquinas son diferentes<sup>7</sup>.

**2.2.2. Planificación de trabajos en cola “Job Scheduling”.** El problema de la planificación de trabajos en cola consiste en que dados un número finito de trabajos a ser procesados y un número infinito de máquinas, en donde las máquinas solo pueden procesar una única tarea a la vez sin interrupciones, se pueda cumplir con el objetivo de encontrar una programación que minimice el procesamiento.

**2.2.3. Planificación de acciones “Task Scheduling”.** El problema de asignación de tareas básicamente es asignar las tareas de una forma que se optimice el desempeño general de la aplicación mientras se asegura el resultado correcto.

---

<sup>6</sup> Página Web

[http://es.wikipedia.org/wiki/Optimizaci%C3%B3n\\_combinatoria#Definici.C3.B3n\\_formal](http://es.wikipedia.org/wiki/Optimizaci%C3%B3n_combinatoria#Definici.C3.B3n_formal)

<sup>7</sup> MANUEL TUPIA – DAVID MAURICIO. Un algoritmo voraz para resolver el problema de la programación de tareas dependientes en máquinas diferentes. (2004)

El objetivo principal de la programación de tareas es planear las tareas en procesadores y minimizar el tiempo de ejecución de las tareas de lo programado. El tiempo de terminación de la última tarea dependerá entonces del tiempo de iniciación de la primera tarea<sup>8</sup>.

La solución de esta variante puede llegar a dar solución a la programación de acciones y operaciones en células de trabajo. A diferencia de la variante anterior, en esta se buscan igual número de tareas y máquinas con las que se pueda realizar una programación que minimice el tiempo de procesamiento del lote. Por la naturaleza de las máquinas puede hacerse la siguiente subdivisión:

- Máquinas idénticas y tareas independientes.
- Máquinas idénticas y tareas dependientes.
- Máquinas diferentes y tareas independientes.
- Máquinas diferentes y tareas dependientes.

**2.2.4. Programación de máquinas paralelas.** El problema de programación de máquinas paralelas<sup>9</sup> se caracteriza en que cada trabajo requiere que una o más operaciones sean desarrolladas en una o más máquinas paralelas. En el momento en que el trabajo sea terminado, la máquina se liberará y el trabajo desaparecerá del sistema. Las tres clases más comunes de máquinas paralelas son: máquinas idénticas, máquinas uniformes y máquinas no relacionadas.

- **Máquinas paralelas idénticas.** En este ambiente un trabajo se podrá realizar en la misma cantidad de tiempo en cualquiera de las máquinas.
- **Máquinas paralelas uniformes.** En este segundo ambiente cada máquina podrá procesar un trabajo particular a una velocidad diferente por lo que un trabajo requerirá menor tiempo de procesamiento en una máquina rápida en comparación con una lenta. En general cada máquina tendrá un factor de velocidad asociado.
- **Máquinas no relacionadas.** En el tercer ambiente el tiempo de procesamiento de los trabajos, puede ser completamente arbitrario, es decir, una máquina puede ser muy rápida en un trabajo particular pero igualmente puede ser muy lenta en el desarrollo de otro trabajo.

---

<sup>8</sup> OLGA PIERCE - MARVIN ADAMS - NANCY AMATO. Algorithms and Applications Group Task Scheduling. Página Web <http://parasol.tamu.edu/groups%amatogroup/research/scheduling/>

<sup>9</sup> BARD – ROJANASOONTHON. A Branch and Price Algorithm for Parallel Machine Scheduling with Time Windows and Job Priorities. (2005).

**2.2.5. Algoritmos Voraces.** Los algoritmos voraces son empleados para resolver problemas de optimización como es el caso de encontrar la secuencia óptima para procesar un conjunto de tareas en un computador.

Los algoritmos voraces proceden por pasos en los que van incluyendo a un conjunto los mejores “candidatos” para obtener la solución óptima del problema. Una vez escogido un candidato no dejará de hacer parte de la solución y cuando se rechaza este candidato no se vuelve a tener en cuenta en un futuro para formar parte de la solución. Un algoritmo voraz es correcto si la solución encontrada siempre es óptima.

### **2.3. VENTANAS DE TIEMPO**

En algunas situaciones es necesario tener en cuenta el momento en que es necesitado algún servicio, la llegada de algún producto o la fecha final de entrega de una producción. Para la programación de estas situaciones se tiene en cuenta lo que se conoce como ventanas de tiempo<sup>10</sup>, las cuales cumplen con la función de dar un tiempo de entrega, tiempos límites o de finalización con el propósito de realizar una mejor programación de los equipos especialmente si se esta considerando un problema de programación de máquinas paralelas pues el desarrollo de una tarea se va a ver afectada con la iniciación y terminación de la tarea anterior.

### **2.4. ESTUDIO DE TIEMPOS**

**2.4.1. Definición del estudio de tiempos.** El estudio de tiempos es una actividad que permite establecer y estandarizar la duración del desarrollo de una determinada tarea a través del uso de alguna técnica de registro teniendo bajo consideración el efecto de la fatiga, demoras personales y demoras inevitables.

**2.4.2. Objetivos del estudio de tiempos.** Entre los objetivos de la implementación de un estudio de tiempos dentro de una empresa se pueden encontrar la minimización del tiempo requerido para la ejecución de tareas, incremento de la productividad ó reducción de los costos de producción lo que en general lleva a la eficiencia de los procesos productivos<sup>11</sup>.

---

<sup>10</sup> ROJANASOONTHON – BARD. A GRASP for Parallel Machine Scheduling with Time Windows. (2005)

<sup>11</sup> ORTIZ R., Néstor Raúl. Análisis y mejoramiento de los procesos de la empresa. Bucaramanga: Publicaciones UIS, 1999. p. 143.

**2.4.3. Técnicas para el estudio de tiempos.** Dentro de las técnicas más conocidas para el desarrollo de un estudio de tiempos se encuentran el estudio de tiempos de acuerdo a datos históricos, tiempos por cronómetro, el estudio de tiempos predeterminados y el muestro del trabajo.

- Datos históricos. A partir de datos históricos se puede realizar una estimación aproximada del tiempo que puede tomar el desarrollo de determinadas actividades.
- Tiempos por cronómetro. La técnica de estudio de tiempos por cronómetro es la de mayor utilización en las industrias. Consiste en el registro del tiempo de desarrollo de una tarea teniendo en cuenta un número determinado de observaciones. Se realiza cuando se va a realizar una nueva actividad tarea u operación, cuando se tienen dudas sobre el tiempo real de ejecución de una tarea específica, cuando se presentan retrasos en las líneas de producción por el desarrollo de ciertas tareas, cuando se presentan tiempos inactivos de los equipos o cuando se desea estandarizar el tiempo de ejecución de una actividad en particular.
- Tiempos predeterminados: Este estudio de tiempos se basa en el análisis de los movimientos elementales que componen el ciclo a medir. Cada uno de estos tiempos elementales tienen relacionado un tiempo estandarizado los cuales se encuentran organizados en tablas para su fácil consulta. Los elementos elementales reciben el nombre de micromovimientos los cuales están medidos en UMT<sup>12</sup>. Este sistema tiene como ventaja sobre el sistema de tiempos por cronómetro que no se valora el ritmo de trabajo y no se incomoda al operario, sin embargo, exige una mayor preparación del analista, el tiempo máximo del ciclo de trabajo debe ser de dos minutos y cabe la posibilidad de que no exista el tiempo para un movimiento particular.
- Muestreo: Este sistema es utilizado cuando se requiere calcular el tiempo de varias tareas que son realizadas en diferentes puestos de trabajo. Consiste en la observación aleatoria del operario en su puesto de trabajo donde el analista debe verificar y registrar el número de la observación y si en el momento el operario se encuentra ejecutando la tarea, se encuentra ejecutando otra actividad o simplemente se encuentra en un momento de inactividad. Tiene como desventaja que no se registra el método utilizado por el operario para el desarrollo de la tarea y que sus resultados tienen una connotación probabilística.

---

<sup>12</sup> Unidad de Medida de Tiempos = 0.036 segundos

## 2.5. BOMBEO DE CONCRETO

El bombeo de concreto se utiliza para optimizar las operaciones de colocación de concreto en cualquier estructura. Es ideal cuando se trata de edificaciones en altura, elementos de difícil acceso, obras que requieren un avance rápido en la construcción y cuando se desea colocar masivamente gran volumen de concreto.

**2.5.1. Ventajas del bombeo de concreto.** Entre las ventajas del bombeo se encuentran:

- Mayor productividad en menor tiempo
- Máxima utilización del espacio
- Mayor rendimiento del concreto evitando desperdicios
- Mínimo personal en las tareas de colocación
- Mayor seguridad en las operaciones de la obra

**2.5.2. Equipos de bombeo.** Los equipos de bombeo han venido trabajando en la industria de la construcción por más de 50 años.

Su clasificación mecánica depende del funcionamiento del motor y pueden: de pistones reciprocantes o persitáticas existiendo para ambos casos versiones en autobombas o bombas estacionarias. Para el desarrollo de este proyecto tendremos en cuenta el tipo de motor si no las versiones en los que se presentan estos equipos.

- **Autobomba.** Para el caso de las autobombas, estas trabajan con tuberías cortas cuya longitud corresponde al alcance horizontal de la pluma de distribución (ver Figura 1).

El movimiento de la pluma de distribución se realiza mediante el uso de un control remoto donde el operario obedece a las instrucciones de los ayudantes para la dirección y velocidad que debe darle a la pluma durante el descargue. Esta operación debe estar a cargo únicamente del personal entrenado y familiarizado con este tipo de máquinas.

- **Bomba Estacionaria.** Las bombas estacionarias trabajan realizando un tendido de tubería desde el lugar donde se ubica la bomba hasta el lugar donde esta ubicado el elemento a fundir.

Para el caso de Holcim (Colombia) S. A. la longitud de cada uno de los tubos es de 3 metros, adicionalmente cuenta con codos de 35°, 45° y 90° los cuales permiten el direccionamiento de la tubería de acuerdo al terreno.

La tubería es acoplada entre sí mediante el uso de abrazaderas las cuales son ajustadas manualmente por el operario. Una vez ajustados todos los acoplamientos, se procede a descargar el concreto dentro de la bomba para que este sea impulsado a través de la tubería hasta el lugar del descargue (ver Figura 2).

Figura 1. Pluma de distribución autobomba



Fuente: Manual operación autobomba Holcim (Colombia) S.A.

**2.5.3. Programación de bombeo.** El procedimiento para la programación de los servicios de bombeo depende de las políticas internas de la compañía, sin embargo existen ciertas generalidades que debe tener en cuenta el cliente en el momento en que realiza la solicitud para la prestación de este servicio. Estas generalidades son:

- Definir la fecha con anticipación
- Determinar el volumen y los elementos a fundir.

- Definir condiciones particulares del bombeo como altura, longitudes, accesibilidad.
- Horario
- Tipo de concreto

Debido a las condiciones particulares de cada obra, se recomienda que luego de haber programado los servicios de bombeo se realice una visita previa para tomar todas las consideraciones necesarias que garanticen la correcta instalación de los equipos y la seguridad de los trabajadores en el desarrollo de su tarea.

Figura 2. Bomba Estacionaria



Fuente: Autor

### 3. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

#### 3.1. RESEÑA HISTÓRICA

En 90 años Holcim ha crecido desde su humilde inicio en una villa Suiza para convertirse en una de las compañías de cemento líderes del mundo. Holcim fue fundada en 1912 en la villa de Holderbank en Suiza. Desde un principio fue claro que el mercado doméstico solo podría ofrecer oportunidades limitadas para la expansión.

Alrededor de los años 20, la compañía empezó a invertir en negocios de cemento en otros países europeos. Esta tendencia fue rápidamente seguida por inversionistas en Egipto, Líbano y Sur África.

En los años siguientes (1945) y particularmente en los 50's y 60's, una red de sostenimiento empezó a desarrollarse en Norte América y Latinoamérica. En los 70's se iniciaron negocios arriesgados en los mercados en la zona del pacífico de Asia.

Durante los años 80's Holcim continuó expandiéndose en nuevos mercados incluyendo Europa oriental. Un mejor enfoque en la producción de agregados y concreto fortaleció la posición de la compañía como un líder vertical e integral de mercado.

Un fuerte enfoque en las actividades de los negocios de cemento concreto y agregado caracterizaron las actividades de Holcim en los años 90's.

Continuos programas de desarrollo profesional para empleados junto con una mejor política de funcionamiento aseguraron que los retos fueran enfrentados con soluciones creativas y aumentó el desempeño de la compañía. La entrada a nuevos mercados especialmente en Asia expandieron las oportunidades para el grupo. El nombre del grupo fue cambiado de: "Holderbank" Finaciere Gladis Ltd. a Holcim Ltd. en Mayo de 2001.

Hoy la presencia mundial de Holcim consiste en una mezcla balanceada de compañías en mercados emergentes e industrializados en 70 países alrededor del mundo. En Colombia se encuentra funcionando desde hace 50 años y anteriormente se le conocía como Concretos Premezclados y Cementos Boyacá<sup>13</sup>.

---

<sup>13</sup> Página Web [www.holcim.com.co/CORP/EN/id/1610645011/mod/gnm0/page/editorial.html](http://www.holcim.com.co/CORP/EN/id/1610645011/mod/gnm0/page/editorial.html)

## **3.2. RAZÓN Y OBJETO SOCIAL**

**3.2.1. Razón Social.** Holcim (Colombia) S. A.

**3.2.2. Objeto Social:** Dentro del objeto social de Holcim (Colombia) S. A. se encuentra<sup>14</sup>:

- La producción y comercialización de cemento y concreto de máxima calidad.
- Extracción y manejo de materias aluviales y calizas para consumo propio en las plantas productoras de concreto.

Adicionalmente cuenta con los siguientes servicios especializados:

- Transporte de materiales y productos a través de Transcem S.A.
- Servicio de disposición final ecológica de residuos industriales a altísimas temperaturas con Eco-Procesamiento Ltda.

## **3.3. LOCALIZACIONES**

La localización geográfica de la oficina principal y de las plantas de cemento, concreto y agregado de Holcim en Colombia se muestra en la Figura 3.

## **3.4. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL**

Dependiendo de la actividad a la que se pertenezca en Holcim (Colombia) S.A. se tendrá una determinada estructura organizacional, por lo que para el desarrollo de este proyecto se ha decidido mostrar la estructura general de la empresa dada por el Comité Ejecutivo y la estructura detallada del área de distribución de concreto donde se ha desarrollado el presente trabajo (Ver Anexo A).

En la Figura 4 se presenta la estructura del Comité Ejecutivo para Holcim Colombia. Este comité encabeza las operaciones nacionales de las diferentes áreas de la empresa, recopilando información sobre su funcionamiento con el propósito de trabajar en planeación y la toma de decisiones para la implementación de acciones estratégicas para el mejoramiento de la compañía.

---

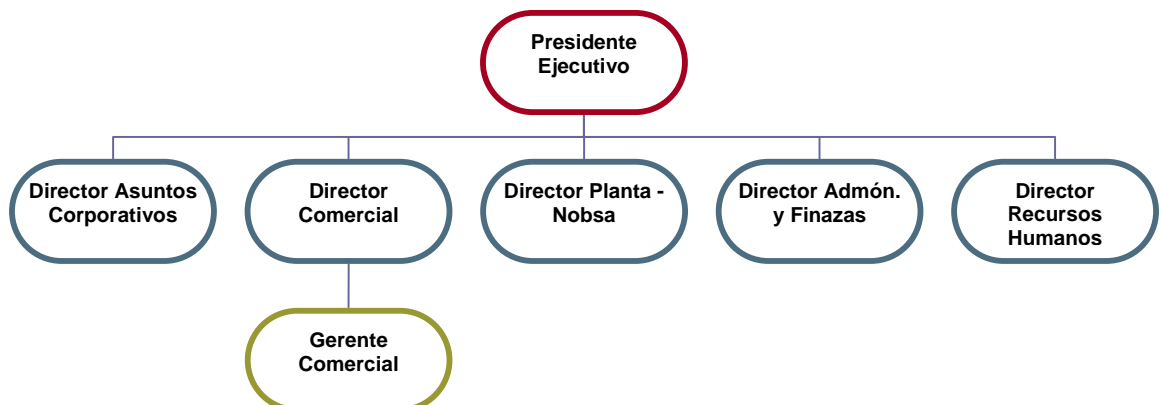
<sup>14</sup> Página Web [www.holcim.com.co/CO/COL/id/40185/mod/gnm0/page/editorial.html](http://www.holcim.com.co/CO/COL/id/40185/mod/gnm0/page/editorial.html)

Figura 3. Holcim Ltd. en Colombia



Fuente: [www.holcim.com.co/CO/COL/id/-13652/mod/gnm0/page/location\\_map.html](http://www.holcim.com.co/CO/COL/id/-13652/mod/gnm0/page/location_map.html)

Figura 4. Comité Ejecutivo Holcim (Colombia) S.A.



Fuente: Autor

### **3.5. MISIÓN Y VISIÓN**

#### **3.5.1. Misión<sup>15</sup>.** “Ser la compañía más respetada y exitosamente operada en la industria.

En Colombia creamos valor para nuestros clientes, empleados, accionistas y comunidades en donde realizamos nuestras actividades.

Así garantizamos un desempeño industrial y comercial en medio de una competencia cada vez más fuerte.”

#### **3.5.2. Visión.** “Crear los cimientos para el futuro de la sociedad.

Por eso la conciencia del Desarrollo Sostenible es al mismo tiempo valor agregado de nuestra operación, y una responsabilidad con la sociedad presente y futura. El compromiso de Holcim se muestra con hechos.”

### **3.6. POLÍTICA INTEGRAL Y VALORES**

#### **3.6.1. Política Integral. Calidad, Medio Ambiente, Salud Ocupacional y Seguridad**

“Nuestra Política Integral consiste en el compromiso del equipo humano de nuestra organización en cumplir los siguientes aspectos:

- Mantener altos niveles de calidad y servicio en la producción de cemento, concreto y agregados.
- Cumplir con los requisitos legales y de nuestros clientes.
- Contar con los procesos y la tecnología necesarios para garantizar nuestros productos.
- Disminuir los impactos ambientales.
- Proveer sitios de trabajo saludables y seguros, involucrando contratistas y terceros.
- Convivir en armonía con la comunidad y el medio ambiente.

Garantizamos el éxito de nuestra política integral mediante una organización en mejora continua bajo los lineamientos de nuestra casa matriz, Holcim, con personal competente en constante capacitación; prevención de accidentes y enfermedades profesionales; medición del desempeño; y un sistema integral de calidad, medio ambiente, salud ocupacional y seguridad.”

#### **3.6.2. Valores. Fortaleza. Desempeño. Pasión.**

---

<sup>15</sup> Página Web <http://www.holcim.com.co/CO/COL/id/40186/mod/gnm0/page/editorial.html>

### **“Fortaleza**

Solidez como aliados, respaldo de una compañía multinacional, con reconocido liderazgo y competencia global, y fuerza e integridad de su personal.

- Construimos relaciones sólidas
- Actuamos de forma responsable e íntegra
- Apoyamos a nuestros colaboradores en los momentos difíciles
- Reconocemos la fortaleza de nuestro personal”

### **“Desempeño**

Cumplimiento de nuestras promesas a nuestros clientes y accionistas; ofrecimiento de las mejores soluciones, capacidad de trabajo, demanda de excelencia; búsqueda permanente de nuevos y mejores caminos y trabajo conjunto para obtener mejores resultados.

- Somos confiables
- Entregamos calidad certificada en nuestros productos y servicios
- Creamos valores sostenibles para todas las personas involucradas
- Mejoramos continuamente”

### **“Pasión**

Dedicación y compromiso en todo lo que hacemos; interés por nuestra gente, su seguridad y desarrollo integral, por nuestros clientes y su éxito, por nuestro entorno habitacional, laboral y social, por los resultados de nuestras acciones, y orgullo y reconocimiento por nuestro buen desempeño.

- Vivimos la Pasión por la seguridad
- Valoramos a todas las personas que conforman la compañía
- Actuamos con respeto
- Promovemos el bienestar de nuestras comunidades vecinas
- Empoderamos a nuestra gente”

## **3.7. PRODUCTOS Y SERVICIOS**

**3.7.1. Productos.** Holcim (Colombia) S.A. a nivel nacional maneja los siguientes tres grupos de productos:

### **■ Cemento**

Holcim Colombia ofrece en el mercado cementos de óptima calidad para la fabricación de concretos y morteros e igualmente para la industria de prefabricados y cementación de pozos petroleros. A nivel nacional Holcim cuenta para la producción de cemento con una capacidad instalada de 1'600.000 toneladas al año y una producción real superior a las 600 mil toneladas. Las siguientes son sus referencias:

Tabla 1. Cemento: referencias, descripción y usos

<b>NOMBRE</b>	<b>DESCRIPCIÓN / USO</b>
Cemento Holcim Boyacá Tipo I	Solución para estructuras y acabados en general
Cemento ARI tipo III	Solución para la producción industrializada de concreto
Cemento Holcim Boyacá Tipo V	Solución para ambientes agresivos
Cemento Especial Tipo Concretera	Solución para concretos especiales
Cemento Petrolero Clase G	Solución para la cementación de pozos de petróleo
Cemento Holcim Boyacá Tipo II	Solución para ambientes agresivos
Cemento Petrolero Clase A	Solución para la cementación de pozos de petróleo
Cemento Holcim para Fibrocemento	Solución para elementos de fibrocemento prefabricado

Fuente: [www.holcim.com.co/CO/COL/id/-13680/mod/gnm20/page/product\\_list.html](http://www.holcim.com.co/CO/COL/id/-13680/mod/gnm20/page/product_list.html)

■ **Agregados**

Holcim produce agregados gruesos y finos para el consumo interno de sus plantas de concreto, desarrollando esta labor en el marco de las leyes nacionales mineras y ambientales, además de los compromisos adquiridos en los contratos de concesión aprobados por el Ministerios de Minas y Energía, entidad que en nombre del Estado autoriza a explorar, explotar y beneficiar materiales del subsuelo en determinadas zonas de su propiedad.

■ **Concreto**

Holcim cuenta con una extensa variedad de concretos pavimentos y morteros. Actualmente a nivel nacional tiene una capacidad instalada de producción de 1'980.000 metros cúbicos al año. Dentro de sus referencias se encuentra:

**3.7.2. Servicios.** Actualmente Holcim (Colombia) S.A. tiene en funcionamiento un plan de servicio que fue diseñado bajo el concepto “Soluciones en Concreto”. Entre los servicios que se ofrecen se puede encontrar:

- Soluciones con talento
- Transporte de cemento
- Transporte de concreto
- Co-procesamiento de residuos industriales
- CRM Center
- Centro de Servicio Técnico e Investigación
- Formación para universitarios
- Holcim News On Line

**3.7.2.1. Transporte del concreto.** Entre los servicios ofrecidos por Holcim (Colombia) S.A. se encuentra el transporte del concreto. En el momento en el que el cliente confirma la solicitud de concreto que ha realizado

para el día, el cliente no solo cuenta con la producción del concreto sino que además cuenta con el servicio de transporte del concreto sin ningún costo adicional. Para el desarrollo de esta actividad, Holcim (Colombia) S.A. zona Centro, cuenta con una flota de 103 camiones con los cuales le garantiza al cliente el transporte del concreto desde la planta de producción hasta la obra a donde fue solicitado. Se dice que el servicio esta implícito en la venta del concreto puesto que por políticas de calidad y de seguridad industrial de la compañía no se permite la contratación con terceros para el desarrollo de esta actividad y tampoco es permitido que al cliente se le entregue el producto directamente de las plantas de producción de Holcim en camiones que no sean propiedad de la compañía puesto que no garantizan los estándares de seguridad exigidos por la misma.

Tabla 2. Concreto: referencias, descripción y usos

<b>NOMBRE</b>	<b>DESCRIPCIÓN / USO</b>
Concre Color	Solución para acabados arquitectónicos
Concre Fast	Solución rápida para las obras
Concre Ari	Solución para la resistencia
Concre Tunel	Solución para sistemas industrializados
Concre Estampado	Solución arquitectónica para vías, plazoletas y parques
Concre Autocompactante	Solución autocompactante para las estructuras
Concre poroso	Solución para los drenajes
Concre Fire Proofing	Solución resistente al fuego
Antilavado	Solución para fundir en presencia de agua
Concre Durable	Solución al ataque de medios agresivos
Pavex	Solución para pavimentos urbanos y de tráfico pesado
Pavex F (Fastrack)	Solución para pavimentos acelerados
Pavex W	Solución para rehabilitación de pavimentos
Mortero P&P	Solución para pegas y pañetes
Mortero P&P Color Blanco	Solución arquitectónica en blanco para pegas y pañetes
Morteros Grout	Solución para relleno de celdas
Morteros con color	Solución arquitectónica con color para pegas y pañetes
Mortero Tremie	Solución para cimentaciones profundas

Fuente: [www.holcim.com.co/CO/COL/id/-13681/mod/gnm20/page/product\\_list.html](http://www.holcim.com.co/CO/COL/id/-13681/mod/gnm20/page/product_list.html)

### 3.8. ÁREA DE DISTRIBUCIÓN Y TRANSPORTE

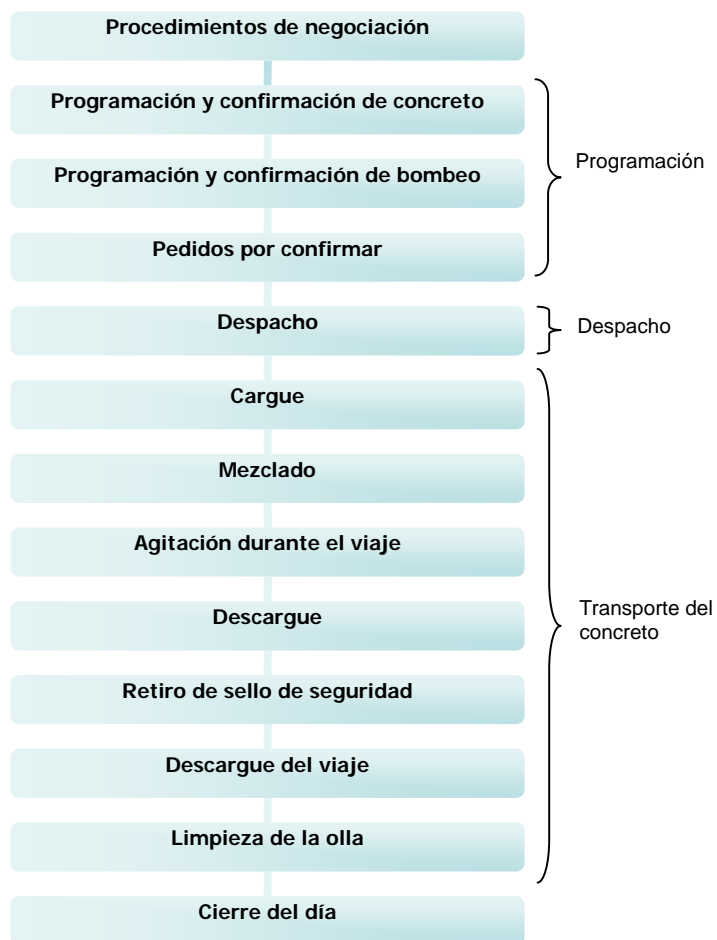
El área de distribución de la compañía esta compuesta por tres coordinaciones: Transporte, Mantenimiento y el Centro de Soluciones en Concreto (CSC). Cada una de estas coordinaciones tiene objetivos y responsabilidades independientes que están organizados de tal forma que durante el día a día se logre un trabajo en equipo para cumplir con el objetivo común de garantizar la entrega oportuna y

calidad del concreto al cliente. En la Figura 5 se presenta un diagrama de flujo que representa el funcionamiento del área de distribución y transporte.

A continuación se explican las funciones, responsabilidades e indicadores de gestión de cada una de las coordinaciones:

- Transporte:** Tiene a cargo el manejo del personal de la flota de mixer y de bombeo, teniendo relación directa con la programación diaria de trabajo y la jornada laboral de los conductores garantizando siempre una disponibilidad mínima del 90% de camiones operativos. Entre los indicadores de gestión manejados por esta coordinación se encuentran la medición de la eficiencia de la flota en cuanto a costos y tiempo del ciclo de viaje, medición de la eficiencia del personal de conductores en cuanto al número de viajes realizados y volumen de concreto transportado.

Figura 5. Diagrama de flujo del proceso de distribución de concreto



Fuente: Sistema de Gestión Integral - Procedimiento de distribución. Versión 2007.

- **Mantenimiento:** Tiene a cargo el mantenimiento de la flota y de las plantas de producción. Trabaja bajo la política de realizar mantenimientos preventivos y predictivos, minimizando la probabilidad de ocurrencia de mantenimientos correctivos para ambos: Flota y plantas de producción. Para el correcto funcionamiento de las actividades de esta coordinación se manejan indicadores para cada uno de los equipos registrando el tiempo de trabajo en horas y las distancias recorridas en kilómetros información con la que se programan los diferentes mantenimientos a los que deben ser sometidos. De igual forma debe garantizar la disponibilidad mínima del 90% de los camiones y cero paradas de planta durante la jornada de producción.
- **Centro de Soluciones en Concreto:** El CSC tiene a cargo la programación y despacho de concreto y productos adicionales como lo son los equipos de bombeo. La programación y el despacho de concreto se maneja con la ayuda de un software especializado en llamado Command Series.

|

#### **4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

Para la programación y control de los equipos de bombeo no se cuenta con un software especializado, esto se realiza mediante un procedimiento que será explicado más adelante en este documento. Adicionalmente, el CSC centraliza la atención al cliente en cuanto a programación, modificación y cancelación de pedidos, soporte técnico, recepción de quejas y reclamos, programación de los servicios de bombeo y estados de cuenta de los clientes (cartera), trabajando bajo la modalidad de Contact Center.

Así mismo se realizan análisis del comportamiento de cada cliente a través de indicadores manejados únicamente por esta coordinación, los cuales permiten realizar una evaluación periódica de la operación del CSC y del rendimiento de cada una de las obras.

Los indicadores de gestión que evalúan desempeño del CSC son los siguientes:

- Cumplimiento en entregas: Debe cumplirse con un cumplimiento mensual en entregas del 85%.
- Factor de llenado: El CSC debe trabajar para garantizar un factor de llenado mayor a 6 m<sup>3</sup>.
- Costos de No Calidad: El CSC debe garantizar cero costos de no calidad.
- Volumen en arrancada: La programación debe ajustarse de manera que en la arrancada se garantice un despacho de por lo menos el 20% de la producción del día.

En esta sección del proyecto se presenta un análisis de la situación actual de la empresa haciendo énfasis en la problemática identificada para la programación de los servicios de bombeo, con el propósito de encontrar los aspectos críticos, de mejora y los que no se han tenido en cuenta pero que día a día afectan la programación de los equipos.

Adicionalmente se profundiza en el estado de los indicadores de gestión que se encuentran directa e indirectamente relacionados con los servicios de bombeo suministrados a los clientes.

## 4.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO

Para la colocación del concreto con equipo de bombeo Holcim (Colombia) S. A. zona centro cuenta actualmente con 16 equipos de bombeo distribuidos de la siguiente manera: 5 bombas aéreas ó autobombas y 11 bombas estacionarias.

### 4.1.1. Procedimiento actual para la programación de los equipos de bombeo.

En el momento en que se realiza la programación de los equipos de bombeo se debe tener en cuenta el número de equipos disponibles para su funcionamiento y el número de relevos de personal<sup>16</sup>. Actualmente se programa con cinco relevos para las bombas estacionarias y tres relevos para las bombas aéreas.

Adicionalmente se debe tener en cuenta el producto y elemento a fundir solicitado por el cliente puesto que existen algunas restricciones establecidas por el área de OH&S que no permiten la programación de estos servicios; a continuación se listan estas restricciones por producto y por elemento:

- Restricción por producto: rellenos fluidos, grout y mortero P&P.
- Restricción por elemento: columnas y escaleras.

La programación de los equipos de bombeo es realizado por uno de los asesores de servicio del CSC, teniendo en cuenta las siguientes actividades:

1. El cliente debe enviar semanalmente el formato de programación de consumo de concreto y programación de bomba vía fax (Ver Anexo B). En el formato debe especificar: día del servicio, tipo de concreto, volumen a fundir, si se va a fundir torta inferior, si el concreto es a la vista, tipo de gravilla, método de descarga, hora requerida del servicio<sup>17</sup>, frecuencia de llegada de los vehículos. El día miércoles es el día designado para que los clientes hagan llegar las programaciones vía fax directamente al CSC. Los fax que no llegan el día miércoles, se consideran programaciones tarde y únicamente se tiene en cuenta aquellas que tiene solicitud de servicio de bombeo pero su ingreso estará sujeto a la disponibilidad de los recursos.

---

<sup>16</sup> La jornada laboral no puede ser mayor a 10 horas diarias de actividad, algunos de los equipos cuentan con relevos de personal.

<sup>17</sup> La hora requerida esta sujeta a la disponibilidad de horario.

2. El jueves a primera hora se procede a eliminar los fax de programación repetidos para luego clasificarlos de acuerdo a si tienen solicitud de servicio de bombeo o no. Esto se realiza separado a la programación de concreto porque el sistema Command Series no tiene opción para el control y programación de los equipos de bombeo por lo que es realizada en un archivo de Excel establecido por el CSC (Ver anexo C).
3. El asesor de servicio encargado de las programaciones de los servicios de bombeo debe organizar los fax de programación enviados según una lista de clientes que ha sido acordada entre el área comercial y el área de distribución de acuerdo a ciertos parámetros de evaluación de los clientes entre los que se encuentran factor de llenado, tiempo promedio de permanencia de los mixer en obra y cumplimiento de la programación diaria de concreto.
4. Una vez organizados los fax de programación, el asesor ingresa en el archivo estos son ingresados en un archivo común de Excel, donde se van asignando a cada una de las bombas los diferentes servicios para la siguiente semana. Si en algún momento los clientes solicitan el servicio un mismo día en el mismo horario, la asignación de estos servicios lo determina el orden de prioridad por el que fueron ordenados los fax teniendo que ubicar a los otros clientes en una lista de espera.
5. La siguiente semana a la recepción de las programaciones, un asesor de servicio debe encargarse de depurar la programación preliminar de los servicios de bombeo, es decir, el asesor mediante comunicación directa con el cliente debe verificar cuales de los servicios solicitados a los que se le ha asignado un equipo de bombeo son confirmados o cancelados por el cliente.
6. Una vez confirmados los clientes a los que se les prestará el servicio, estos deben ser visitados por un inspector de obra el cual verifica que los elementos a fundir sean los autorizados y que la obra garantice las condiciones de seguridad necesarias para la prestación del servicio. Así mismo da recomendaciones a la obra para mejorar el desempeño durante la fundida y para evitar posibles riesgos generados durante el desarrollo de la tarea. Esta información queda relacionada en el control de visita de obra el cual es revisado y firmado por ambas partes: cliente e inspector (Ver Anexo D)

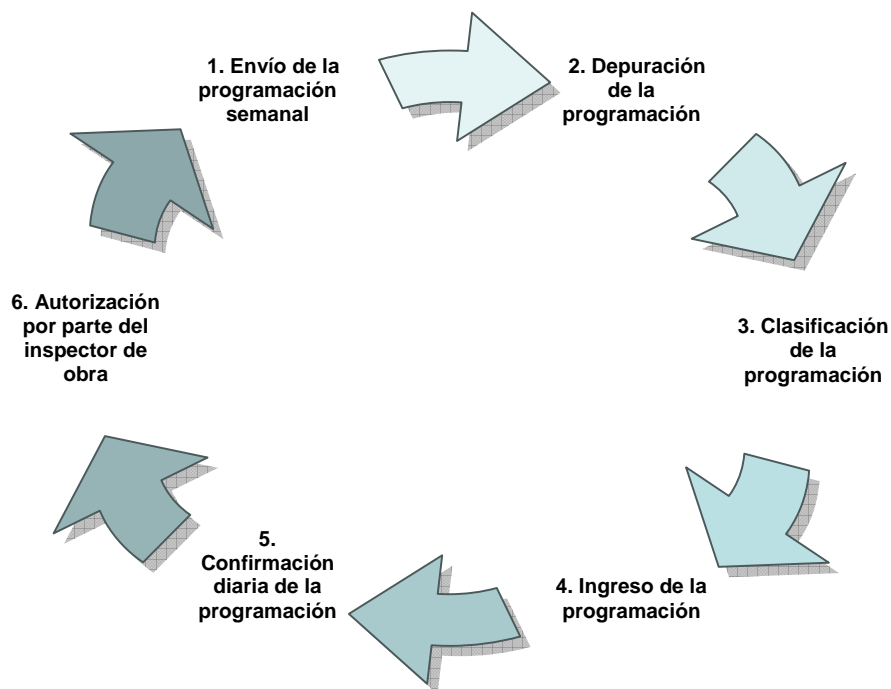
## **4.2. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

Actualmente la coordinación del CSC carece de un procedimiento para la programación de los equipos de bombeo que garantice la máxima utilización de la

capacidad de los equipos, la adecuada asignación de los servicios a las demandas de acuerdo a las solicitudes del cliente y características de los equipos y finalmente que garantice objetividad y un único criterio para la toma de decisiones.

Entre las diversas causas que generan esta situación se encuentran la falta de información en la empresa con respecto al área de bombeo, como lo demuestra la no existencia de tiempos estándares para cada uno de los elementos que componen el ciclo de bombeo ó el desconocimiento de las ventajas económicas de la prestación de ciertos servicios sobre otros.

Figura 6. Esquema general del procedimiento para la programación de los equipos de bombeo



Fuente: Autor

Esta situación también se ve afectada por el manejo inadecuado de la información con la que si se cuenta y que podría permitir una mejor asignación de los servicios. Dentro de esta información se encuentra el análisis del comportamiento los clientes: factor de llenado, tiempo en obra y cumplimiento de la programación, indicadores con los cuales son evaluados mensualmente; y la información que es enviada semanalmente por el cliente en el fax de programación donde especifica las necesidades del servicio solicitado.

**4.2.1. Identificación de variables y restricciones.** A partir de la identificación del problema y el análisis de sus posibles causas se procedió a clasificar las variables y restricciones que más intervienen en la toma de decisiones cuando se realiza la programación de los servicios. De estas variables y restricciones fueron escogidas las más significativas en el momento de realizar la formulación del modelo.

- Variables. Se consideran variables para el modelo, aquellos parámetros que permitirán evaluar y caracterizar cada uno de los servicios solicitados por el cliente. Dentro de estas variables se encuentran:
  - Tipo de bomba: De acuerdo a las condiciones del terreno y al elemento a fundir el cliente puede solicitar entre bomba estacionaria o autobomba. En algunas ocasiones podrá necesitar una manguera de reducción para la fundida pero este elemento solo podrá facilitársele al cliente si se le asigna una bomba estacionaria.
  - Volumen de concreto. La cantidad de concreto mínima para la prestación de los servicios es de 15 m<sup>3</sup>. Entre mayor sea el volumen solicitado a fundir mayor será la probabilidad para la prestación del servicio.
  - Tipo de concreto. Si el cliente necesita utilizar manguera de reducción para la fundida del elemento, solo debe suministrarse concretos industrializados<sup>18</sup> ó superfluidos<sup>19</sup>.
  - Longitud de la tubería ó brazo de la bomba. De acuerdo al lugar de la fundida podrá necesitarse tubería horizontal y vertical ó únicamente tubería vertical. La longitud solicitada en el formato de programación suma las longitudes vertical y horizontal para llegar al elemento a fundir.
  - Hora requerida. Aunque la hora requerida por el cliente esta sujeta a la disponibilidad de horario para la programación y entrega del concreto, se debe tener en cuenta puesto que hay relevos para 8 de los 17 equipos con los que se cuenta actualmente.
  - Solicitante. Debido a la alta demanda para la prestación de servicios de bombeo, ha sido necesario clasificar a los clientes de acuerdo a los indicadores con los cuales son evaluados semanalmente. Estos indicadores son: factor de llenado que debe ser superior a 6 m<sup>3</sup>,

---

<sup>18</sup> Concreto Contech ó concreto Outinord.

<sup>19</sup> Concretos con alto asentamiento.

tiempo de obra el cual debe ser menor a 40 minutos y cumplimiento de la programación semanal la cual debe ser del 100%.

- Localización de la obra. El tiempo de recorrido y la distancia entre la obras son determinantes en la programación de los servicios de bombeo especialmente cuando se desea programar un segundo o tercer servicio para un mismo equipo.
- Restricciones. Con el propósito de facilitar el análisis y la creación del modelo, las restricciones identificadas en el problema fueron agrupadas de la siguiente manera:
  - Restricción por horario. Aquí se incluye la restricción vehicular, restricción ambiental y restricción por localización de la obra.
    - Restricción vehicular: El horario de restricción vehicular dentro de la ciudad de Bogotá para el tránsito de vehículos pesados esta establecido desde las 07:00 am. hasta las 09:00 am. en la jornada de la mañana y en la jornada nocturna desde las 06:00 p.m. hasta las 08:00 pm.
    - Restricción Ambiental: La restricción ambiental aplica a partir de las 9 a.m. hasta las 10 a.m. para vehículos de placas particulares que no cumplan con los exámenes de opacidad y emisión de gases establecidos por la ley.
    - Restricción por localización de la obra: En ciertos lugares de la ciudad de Bogotá, especialmente en las zonas residenciales la comunidad establece una restricción horaria para laborar en la obra. Generalmente la jornada de trabajo empieza a las 07:00 a.m. y termina a las 05:00 pm.
  - Restricción de recursos. Dentro de esta restricción se encuentra el número de equipos y de personal operativo disponibles para la prestación de los servicios teniendo en cuenta el tiempo de su jornada laboral.
    - Restricción por equipos: Para la programación de los servicios se cuenta con 5 bombas aéreas y 12 bombas estacionarias. Adicionalmente hay ocasiones en las que es necesario la utilización de una manguera de reducción<sup>20</sup>.

---

<sup>20</sup> Sólo puede ser utilizada con concretos industrializados o superfluidos.

- Restricción por personal: En el momento Holcim (Colombia) regional centro, cuenta con 17 grupos de personas para la operación de las 12 bombas estacionarias y con 8 grupos de personas para la operación de 5 autobombas.
- Restricción por jornada laboral: Holcim (Colombia) S.A. ha establecido para cargos operativos una jornada laboral máxima de 10 horas diarias.
- o Restricción por viabilidad. Para la prestación de los servicios de bombeo se ha establecido un consumo mínimo de 15 m<sup>3</sup> de concreto.
- o Restricción por productos. No se ha autorizado la prestación de servicios de bombeo para los siguientes productos: rellenos fluidos, grout y morteros P&P.
- o Restricción por elementos. Por cuestiones de seguridad y de aprovechamiento de los equipos no esta permitido prestar servicios de bombeo cuando se solicita para fundir elementos como columnas o escaleras.

### **4.3. INDICADORES DE GESTIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE BOMBEO**

Entre los indicadores que se ven afectados directa e indirectamente con el bombeo de concreto se encuentran:

**4.3.1. Cumplimiento de la programación de bombeo.** Actualmente se evalúa el total de metros cúbicos de concreto bombeado con respecto al volumen inicialmente programado por el cliente para de esta forma poder determinar su cumplimiento de la programación. Este indicador refleja la situación general de los clientes pero no especifica el comportamiento individual de cada una de las obras. El cálculo de este indicador se realiza mediante la formula:  $\text{total m}^3 \text{ bombeados} / \text{total m}^3 \text{ programados}$  y se lleva como un estadístico de control pero no para toma de decisiones.

La meta establecida para este indicador es del 100% manejando una tolerancia del 10% debido a que en ocasiones las obras pueden se afectadas por factores como clima, retrasos de proveedores, problemas del terreno que influyen en la cancelación de los servicios. Para el mes de agosto el valor de este indicador corresponde a: 92.15%, alcanzado en este mes el objetivo propuesto.

**4.3.2. Porcentaje de volumen bombeado.** Una de las metas estipuladas por Holcim (Colombia) S.A. que está directamente relacionada con la colocación de concreto es: *porcentaje de volumen bombeado*, la cual hace referencia a la cantidad de metros cúbicos que se bombean con respecto a los metros cúbicos que han sido vendidos. Holcim (Colombia) S.A. zona centro tiene establecido bombear el 45% del concreto vendido. Durante el mes de agosto este indicador alcanzó el 39.19%.

**4.3.3. Utilización de los equipos.** Con el propósito de determinar la utilización de cada uno de los equipos se maneja un indicador individual que indica el número de servicios prestados en el total de días hábiles del mes. Así mismo como en el anterior indicador se calcula un valor general de utilización de los equipos ponderando los resultados individuales obtenidos. Este indicador durante el mes de agosto alcanzó un valor igual al 95% con una desviación estándar igual al 22%.

#### **4.4. ASPECTOS CRÍTICOS Y DE MEJORA**

Con base en el análisis anterior se han encontrado los siguientes aspectos críticos y de mejora:

- Utilización y asignación adecuada de los equipos: En el momento de la asignación la mayoría de las veces se tiende a utilizar una mentalidad estándar eligiendo inicialmente el equipo que sirve para la mayoría de servicios y dejando pocas opciones para los equipos que solo pueden prestar determinados servicios pero que rara vez se encuentran disponibles.
- Tiempo de ciclo de viaje de bombeo: No se tiene conocimiento del tiempo de ciclo de viaje de bombeo general ni de los elementos que lo componen: tiempo de recorrido a obra, tiempo de espera, tiempo de armado, tiempo de bombeo y tiempo de lavado. La programación de los segundos servicios para aquellos equipos que cuentan con relevo de personal son programados de acuerdo a la aproximación individual del asesor del tiempo estimado de finalización de primer servicio.
- Unificación de criterio y objetividad: Existen parámetros establecidos para la programación del concreto pero no para la programación de los servicios de bombeo.

## 5. DESARROLLO DEL MODELO

Este capítulo contiene el desarrollo del modelo para la programación de los equipos de bombeo de acuerdo a cada uno de los servicios solicitados por los clientes.

En primera instancia se presenta la metodología utilizada para la formulación del modelo teniendo en cuenta la consulta bibliográfica realizada y el aporte de la experiencia laboral del personal de la compañía que se encuentra en directa relación con los servicios de bombeo: Supervisor de Bombeo, Inspector de Obra y Operarios. Una vez determinada la formulación del modelo se presenta un resumen de las problemáticas encontradas en el capítulo anterior y las alternativas de trabajo desarrolladas para enfrentarlas. Finalmente, la combinación de la formulación y el trabajo de campo desarrollado conllevan a la consolidación de la herramienta que permite el mejoramiento del procedimiento actual y cuyo funcionamiento es explicado al final del capítulo.

### 5.1. FORMULACIÓN DEL MODELO

El planteamiento del modelo escogido para la asignación de los equipos de bombeo en Holcim (Colombia) S. A. Zona Centro es el siguiente:

**5.1.1. Matriz de datos.** En la matriz de datos el número de filas lo determina el número de solicitudes realizadas por las diferentes obras y el número de columnas lo define el número de equipos de bombeo disponibles. Cada uno de los elementos  $X_{ij}$  de la matriz de datos representa el beneficio de asignar el equipo  $j$  al cliente  $i$ . Este beneficio es el resultado obtenido de los parámetros de decisión que serán explicados con detalle más adelante en este capítulo.

$$X_{ij} = \text{Ponderación por cliente} + \text{Ponderación por volumen} + \text{Ponderación por cumplimiento programación de bombeo}$$

**5.1.2. Matriz de asignación.** El número de filas y columnas de esta matriz es el mismo de la matriz de datos del problema. Se caracteriza en sus elementos  $A_{ij}$  son resultado de una variable de control que refleja la asignación de los equipos a cada una de las obras.  $A_{ij}$  puede tomar valores iguales a 0 ó 1.

### 5.1.3. Restricciones.

**5.1.3.1. Vector asignación columna.** Los valores contenidos en este vector restringen la asignación de un solo equipo para cada una de las obras. Para garantizar este resultado los valores de este vector en todo momento serán iguales a 1. De acuerdo a esto la suma de los elementos de la matriz asignación para cada una de sus filas debe ser menor o igual a 1.

**5.1.3.2. Vector asignación fila.** Los elementos de este vector representan el número máximo de servicios por día programados para cada uno de los equipos de bombeo. Teniendo en cuenta que la herramienta arrojará una programación preliminar de los servicios de bombeo solo podrá asignarse un servicio para cada equipo lo que indica que el valor en cada elemento será 1.

**5.1.4. Función Objetivo.** Se define como función objetivo del modelo la maximización del beneficio obtenido de la asignación de los equipos a los clientes.

### 5.1.5. Formulación matemática del modelo.

$$n > 0, \quad m > 0$$

$$F.O. = \text{Max} \left( \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m P_{ij} \right)$$

s.a.

$$\sum_{i=1}^n A_{i,m} \leq 1, \quad \forall m$$

$$\sum_{j=1}^m A_{n,j} \leq 1, \quad \forall n$$

$$P_{ij} = A_{ij} * X_{ij}$$

## 5.2. PLANTEAMIENTO DE MEJORAS

A partir del diagnóstico realizado en el capítulo 4 se pudieron identificar varias falencias en el procedimiento manejado por la empresa. La mayor falencia del procedimiento tiene que ver con el manejo de la información, esto incluye información existente que no es utilizada para la toma de decisiones ó información

que no había sido recolectada hasta el momento en que se inicia el presente proyecto.

A continuación en la Tabla 3 se presentan las falencias identificadas junto con su alternativa de mejora a desarrollar.

Tabla 3. Problemática – Solución propuesta

PROBLEMÁTICA	SOLUCIÓN PROPUESTA
Utilización y asignación adecuada de los equipos	Establecimiento de parámetros en la herramienta computacional que asigne el equipo adecuado de acuerdo a las necesidades del cliente.
Tiempo ciclo de viaje de bombeo	Creación de formato para el control de tiempos de bombeo: t de recorrido, t de espera en obra, t armado, t bombeo y t de lavado.  Cálculo del tiempo promedio de acuerdo a los datos recolectados.
Unificación de criterios y objetividad	Se establecieron parámetros de decisión para la asignación de los equipos. Estos parámetros pueden ser ponderados por el área de acuerdo al comportamiento del mercado en el momento.  Creación de indicador de cumplimiento de la programación de bombeo. Hace parte de los parámetros de decisión establecidos.

Fuente: Autor

### 5.3. CÁLCULO DEL TIEMPO DE CICLO DE VIAJE DE BOMBEO

Como ha sido mencionado anteriormente, el sistema Command Series for Concrete sólo maneja la flota de mixer para la entrega de concreto, no tiene opción para el manejo, control ó programación de los equipos de bombeo.

En el momento en que se inicia el desarrollo del presente trabajo la empresa no cuenta con el tiempo del ciclo de viaje de bombeo por lo que fue necesario diseñar el formato de reportes de tiempos de equipos de bombeo (Ver Anexo E). A continuación se explica cada uno de los elementos tenido en cuenta en el formato y que conforman el tiempo del ciclo de viaje de bombeo.

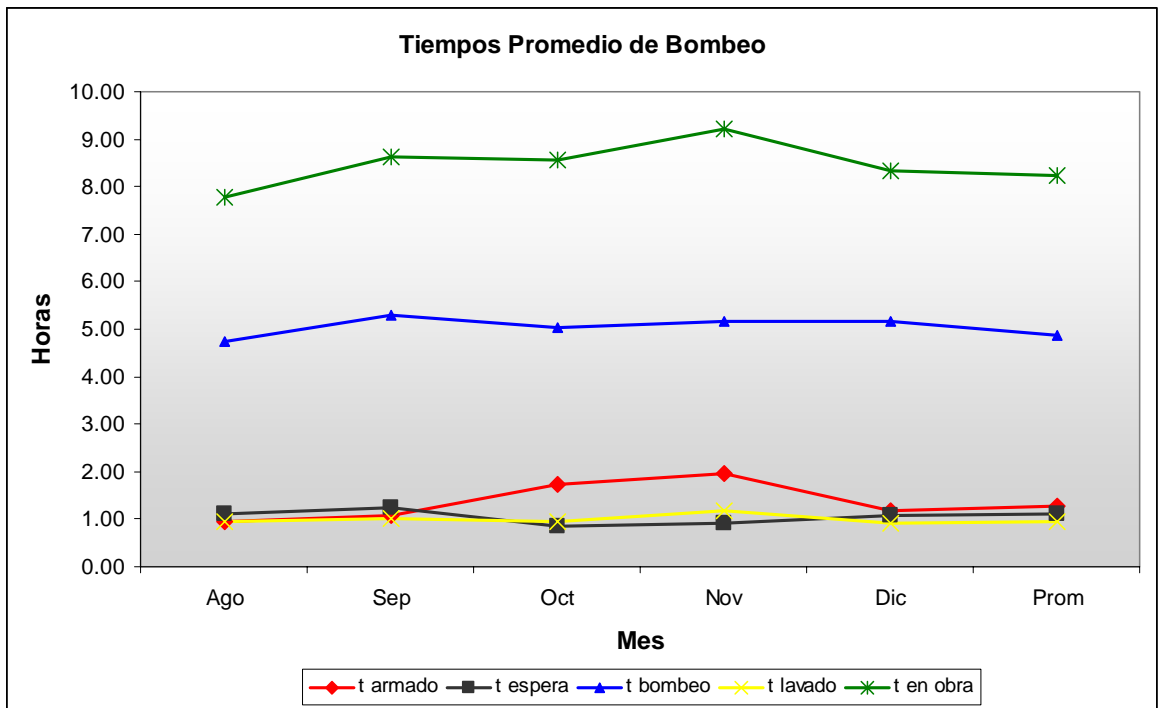
- **Planta.** En el momento todos los equipos de bombeo están ubicados en la planta de producción de Puente Aranda.

- **Mes:** Es el mes en el que están siendo prestado los servicios, el formato se diligencia diariamente pero archiva mensualmente.
- **Equipo:** Cada uno de los equipos esta identificado con un número (por ejemplo: Estacionaria 14 ó Autobomba 16).
- **Fecha:** Es el día en que fue prestado el servicio.
- **Hora Salida Planta y Hora Llegada Obra:** Con esta información se desea calcular el tiempo de recorrido a cada una de las obras desde la planta de origen ó desde la obra donde se prestó el primer servicio. Actualmente no se cuenta con registro de esta información pues no esta en implementación la instalación de un sistema GPS para la ubicación de los equipos de bombeo que permitirá determinar su tiempo de recorrido hacia los servicios.
- **Hora de llegada a obra, Hora de armada bomba hora de inicio de bombeo, hora de finalización de bombeo, hora de salida de obra y metros cúbicos bombeados.** Esta información es diligenciada por los operarios de bombeo en el formato de control de colocación de m<sup>3</sup> con bomba (Ver Anexo F) y posteriormente son ingresados por al reporte de tiempos de bombeo.
- **Tiempo de Armado.** Se calcula mediante la resta de la hora a la que es armada la tubería en caso de bomba estacionaria ó de la hora cuando se termina el anclaje de la bomba y levantamiento del brazo en caso de que sea una autobomba.
- **Tiempo de lavado.** Es la resta entre la hora en la que el equipo sale de la obra y la hora a la que se termina el bombeo.
- **Tiempo de bombeo.** Es la diferencia entre la hora de finalización de bombeo y la hora de inicio de bombeo.
- **Tiempo de espera.** Es el tiempo entre la hora a la que se termina de armar la bomba y la hora a la que se inicia el servicio. No debería existir tiempo de espera puesto que si el equipo esta listo, el cliente debería contar con el concreto en la obra y así mismo comenzar inmediatamente con el descargue del viaje.
- **Total Ciclo.** Corresponde a la resta entre la hora de llegada a planta y la hora de salida de planta. Como no se tiene información hasta el momento de las horas de salida y llegada a planta el total del ciclo se ha calculado sumando el tiempo de armado, tiempo de espera, tiempo de bombeo, tiempo de lavado y el

tiempo de recorrido a obra, el cual está determinado por la UPZ<sup>21</sup> donde se encuentre localizada la obra. Cada una de las obras en Holcim (Colombia) Zona Centro tienen una Georeferenciación de acuerdo a la UPZ a la que pertenecen Ver Anexo G.

En la Figura 7 se muestra el comportamiento mensual y promedio semestral para cada uno de los elementos explicados anteriormente. En términos generales se observa un aumento en la duración de cada uno de los elementos que conforman el ciclo de viaje de bombeo. El único elemento que no es tenido en cuenta para el análisis es el tiempo de recorrido pues varía de acuerdo a la ubicación de la obra.

Figura 7. Tiempo Promedio Bombeo 2007



Fuente: Autor

En el Anexo I se presenta el tiempo de recorrido establecido para cada una de las UPZ ó municipios (fuera de Bogotá no aplica la sectorización por UPZ) en donde se encuentran ubicadas las obras que han sido y esta siendo atendidas por la compañía. El tiempo de recorrido estimado esta dado en minutos.

<sup>21</sup> <sup>21</sup> Unidades de Planeamiento Zonal. Son áreas urbanas más pequeñas que las localidades y más grandes que el barrio. La función de las UPZ es servir de unidades territoriales o sectores para planificar el desarrollo urbano en el nivel zonal en la ciudad de Bogotá. Existen 89 UPZ reglamentadas en la ciudad de Bogotá ver Anexo H.

## 5.4. DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA

Debido a que la compañía no cuenta con un software especializado en la resolución de problemas de optimización, la herramienta ha sido programada en Microsoft Excel utilizando el lenguaje visual Basic para la programación de macros. Dada la complejidad de programar un modelo de optimización en este lenguaje fue necesario reducir el problema a una matriz de datos, la cual es obtenida de la calificación de los parámetros de decisión y capacidad de los equipos de prestar el servicio a un determinado cliente, para desarrollar el modelo como un problema sencillo de asignación.

De las restricciones y variables identificadas en el capítulo 4 de este proyecto se escogieron las que tienen una mayor influencia en el momento de la asignación de los equipos de acuerdo a la información dada por personal experto en el tema; estas variables y restricciones se convierten entonces en los parámetros de decisión y en la capacidad de los equipos tenidos en cuenta para la calificación.

**5.4.1. Establecimiento de parámetros.** En la búsqueda de un único criterio y objetividad en la asignación de los equipos, el autor como líder del proyecto, el coordinador del CSC y el supervisor de bombeo determinaron los parámetros a tener en cuenta para la asignación de los equipos. Estos parámetros tienen una ponderación que puede ser cambiada con el tiempo sin afectar la herramienta computacional pues sus ubicaciones en la hoja principal de la herramienta están enlazadas dentro el código de programación.

Figura 8. Parámetros de decisión

DE ACUERDO A BASE DE DATOS DE CLIENTES				Ponderación
CLIENTE TIPO A			10	45%
CLIENTE TIPO B			7	
CLIENTE TIPO C			4	
NINGUNO DE LOS ANTERIORES			1	

CUMPLIMIENTO PROGRAMACIÓN DE BOMBEO				Ponderación
NIVEL CUMPLIMIENTO	>=	90%	10	20%
50%	>=	NC <	7	
NIVEL CUMPLIMIENTO	<	50%	4	
NO TIENE INFORMACIÓN			1	

VOLUMEN A FUNDIR m <sup>3</sup>				Ponderación
VOLUMEN <= 15		15	1	35%
15	>= VOL =<	50	5	
VOLUMEN > 50		50	10	

\*Volumen promedio calculado en el reporte mensual de bombeo.

Rangos de variación

Escalas de Calificación

Fuente: Autor

Los parámetros establecidos son: de acuerdo al comportamiento del cliente que realiza la solicitud (evaluación de indicadores), de acuerdo a su nivel de cumplimiento y de acuerdo al volumen a fundir.

**5.4.2. Establecimiento de Capacidades.** Dentro de las capacidades tenidas en cuenta para la asignación se incluyeron: la jornada laboral de los operarios la cual no debe ser mayor a 10 horas y la longitud de la tubería o brazo necesaria para la fundida.

El control de la jornada laboral se realiza mediante el cálculo de la duración del servicio de bombeo de acuerdo a los tiempos promedio calculados en el ciclo de viaje de bombeo. Para aquellos equipos que no tienen relevos de personal la duración máxima de un servicio debe ser de 600 minutos (10 horas), para los demás equipos su jornada máxima es entonces de 1200 minutos (20 horas).

El tiempo de cada uno de los elementos del ciclo de viaje de bombeo se encuentra en la página principal de la herramienta y sus valores también pueden ser actualizados en el futuro pues sus ubicaciones se encuentran igualmente enlazadas al código de programación.

Figura 9. Tiempos promedio de Bombeo en herramienta

The screenshot shows a software interface with a grid background. On the left, there is a cartoon worker icon wearing a hard hat and holding a clipboard, with the word 'EJECUTAR' below it. The main area contains several tables and a navigation bar at the bottom.

**PROGRAMACIÓN DE LOS SERVICIOS DE BOMBEO**

**DE ACUERDO A BASE DE DATOS DE CLIENTES** Ponderación

CLIENTE TIPO A	10	45%
CLIENTE TIPO B	7	
CLIENTE TIPO C	4	
NINGUNO DE LOS ANTERIORES	1	

**CUMPLIMIENTO PROGRAMACIÓN DE BOMBEO** Ponderación

NIVEL CUMPLIMIENTO	>= 90%	10	20%
50%	>= NC <	7	
NIVEL CUMPLIMIENTO	< 50%	4	
NO TIENE INFORMACIÓN		1	

**VOLUMEN A FUNDIR m3** Ponderación

VOLUMEN <= 15	15	1	35%	
15	>= VOL <	50		5
VOLUMEN > 50		50		10

\*Volumen promedio calculado en el reporte mensual de bombeo.

**TIEMPO PROMEDIO BOMBEO (min)**

Tipo de Bomba	Estacionaria	Autobomba
t Espera	59	54
t Armado	66	46
t Lavado/Desarm	53	53
m3/hora	16	16

Navigation bar: PRINCIPAL / CLIENTES / CUMPLIMIENTO / UPZ / OBRAS / DATOS / MATRIZ / ASIGNACION / LISTA DE ESPERA /

Fuente: Autor

Para las capacidades de acuerdo a la longitud, esta se realizó directamente dentro del código de programación puesto que esta es fija y no debe ser cambiada a lo largo del tiempo.

**5.4.3. Creación de bases de datos.** Una vez establecidos los parámetros de decisión y las capacidades de los equipos, fue necesario realizar la creación de bases de datos dentro de la herramienta que permitieran la constante alimentación de información y correcto funcionamiento.

- **Base de datos clientes.** Esta base de datos contiene la clasificación de los clientes de acuerdo al comportamiento en cuanto a factor de llenado, cumplimiento en la programación y tiempo promedio de mixer en obra. Para el correcto funcionamiento de la herramienta esta base de datos debe ser actualizada mensualmente. Dependiendo de la calificación obtenida, los clientes pueden ser clasificados en A, B, C ó ninguno de los anteriores.

Figura 10. Base de datos Clientes

CLIENTES A			
Cod. Responsable	Responsable	Cod. Solicitante	Solicitante
4014334	ALCAZAR DE LA COLINA LTDA	4120696	ALCAZAR DE LA COLINA
4014418	APIROS LTDA	4120841	AGORA
4012107	Arquitectónica Ltda.	4120176	Espacios 86
4001773	ARQUITECTURA URBANA S.A.	4120283	ALAMEDA
4001773	ARQUITECTURA URBANA S.A.	4120401	Apotema
4001773	ARQUITECTURA URBANA S.A.	4120407	TOWER 110
4012724	Bulevar Tequendama S A	4118284	y/o Sistemas y Asesorías de Constru
4000453	C.E.P. CONSTRUCTORES ASOCIADOS S.A.	4120766	PARQUES DE GALICIA
4000453	C.E.P. CONSTRUCTORES ASOCIADOS S.A.	4121015	TARRAGONA REAL
4005240	CAMINOS INMOBILIARIOS SA.	4120851	CAMINO DE SANTIAGO
4001787	COMPENSAR.	4121039	PISCINA CUR.
4000053	CONINSA Y RAMON HACHE S.A.	4116551	Saucos Del Bosque
4014324	CONSORCIO BOSQUES DE LA ALAMEDA	4120691	BOSQUES DE LA ALAMEDA
4012979	CONSORCIO CONJUNTO RESIDENCIAL	4118643	CONSORCIO CONJUNTO RESIDENCIAL
4013884	Consortio Contein CPC	4120000	Manzana Lievano Alcaldia Mayor De B
4015262	CONSORCIO MIRADOR BOSQUE DE PINOS	4122108	BOSQUE DE PINOS
4014521	CONSORCIO V Y G - FAC	4121036	REPUBLICA DE PANAMA
4003214	CONSTRUCCIONES CF LTDA	4120175	Colegio Jardines La Libertad
4003214	CONSTRUCCIONES CF LTDA	4120606	Colegio Margarita Bella Flor
4014269	CONSTRUCTORA ARANJUEZ LTDA	4120628	ALTOS DE LA PRADERA ETAPA 1
4002085	CONSTRUCTORA LAS GALIAS S.A.	4116304	Mirador de Castilla Descargue 2
4002085	CONSTRUCTORA LAS GALIAS S.A.	4120457	MIRADOR DE CASTILLA II
4002085	CONSTRUCTORA LAS GALIAS S.A.	4114531	Portal de la 183
4014563	CONSTRUCTORA PARQUE DEL CHICO 99 L	4121071	PARQUE DEL CHICO 99
4011810	Constructora Parque Santa Ana S.A.	4116880	Parque Santa Ana

Fuente: Autor

- **Base de datos cumplimiento.** Esta base de datos es alimentada por el indicador del cumplimiento en la programación de bombeo el cual ha sido implementado a partir de este proyecto. Al igual que la

anterior base de datos esta debe ser actualizada mensualmente para efectos de una correcta calificación.

Figura 11. Base de datos Cumplimiento

Responsable	Cod.Solicitante	Solicitante	% Cumplimiento	Confirmados	Cancelados
ConSORICO	4123232	ConSORCIO Cubiertas Acrílicas	100,00%	1	0
Agrobetania	4122072	Parque Industrial San Carlos	93,33%	14	1
Aide cuervo	4123100	Aide cuervo	100,00%	1	0
alcazar de la Colina	4121162	alcazar de la Colina	50,00%	1	1

Fuente: Autor

- Indicador Cumplimiento de la programación de bombeo. Este indicador fue desarrollado bajo el manejo de macros en Microsoft Excel. Es calculado mensualmente y su resultado arroja el cumplimiento de la programación de bombeo de cada una de las obras que han solicitado el servicio. La información para el cálculo del indicador se obtiene del formato de programación de los servicios de bombeo que ha sido manejado hasta el momento por la compañía, y su resultado es igual a:

$$\% \text{Cumplimiento} = \frac{\# \text{Servicios confirmados}}{\text{Total servicio solicitados}}$$

$$\text{Total servicio solicitados} = \# \text{servicios confirmados} + \# \text{servicios cancelados}$$

- **Base de datos UPZ.** Esta base de datos almacena cada uno de las obras con su respectiva localización (dirección y UPZ). Adicionalmente cuenta con el tiempo de desplazamiento de la planta a la obra, el cual es utilizado dentro del código de programación para calcular el tiempo de duración de servicio con lo que se restringe la jornada laboral de los equipos.

Figura 12. Base de datos UPZ

Cod. Responsable	CLIENTE	Cod. Solicitante	OBRA	DIRECCION	CIUDAD	UPZ	t Recorrido
4013607	AGRUPACION DE VIVIENDA METROPOLIS	4120079	UNIDAD DE VIVIENDA METROPOL	CL 75 A No 56-51	Bogotá	12 DE OCTUBRE	35
4003361	CONSTRUCCIONES ISARCO S.A.	4120434	BODEGA Y TALLERES DE LA FUNDACION	CR 46 No 68-13	Bogotá	12 DE OCTUBRE	35
4009471	Construcciones Rodi Ma Ltda.	4120733	OBRA DAMPA	CL 70 A No 76 ESQUINA	Bogotá	12 DE OCTUBRE	35
4012666	ALMACEN EL VOLCAN LTDA	4118493	VELODROMO 20 DE JULIO	CL 18 SUR No 5 - 78 VELODROMO 2	Bogotá	20 DE JULIO	40
4005208	CANO SARABIA MARIA REFUGIO	4120424	SANTA INES PARQUEADERO	CR 4 ESTE 0m 30 B - 12 SUR	Bogotá	20 DE JULIO	40
4005498	CONSTRUCCIONES TIEC LTDA	4122304	SALON DE RECEPCIONES MRSAM	CR 9A No 21A-10 SUR	Bogotá	20 DE JULIO	40

Fuente: Autor

**5.4.4. Creación de plantilla para el ingreso de información.** En la Figura 13 se presenta la plantilla donde es ingresada la información enviada por los clientes en el fax de programación.

La identificación de cada uno de los clientes se maneja de acuerdo al código de la obra. Este código es único para cada obra y es asignado por SAP cuando el cliente inicia sus relaciones comerciales con la compañía y es ingresado en la base de datos.

El código esta enlazado con cada una de las bases de datos que fueron creadas para el funcionamiento de la herramienta garantizando que no halla duplicidad de asignación en los equipos y facilitando el manejo de la información dentro de la herramienta.

Una vez diligenciada la planilla en su totalidad se debe proceder a registrar la información ingresada. Esta información será almacenada en la hoja Datos de la herramienta junto con la calificación dada a cada uno de los parámetros de decisión.

En el momento en que se terminen de ingresar todas las solicitudes, se debe escoger la opción “Finalizar” para que se ejecute entonces la asignación de los equipos de acuerdo a la calificación obtenida.

En la hoja Asignación de la herramienta se encuentran cada uno de los clientes con el equipo asignado (ver Figura 14), y en la hoja Lista de Espera se encuentran aquellos clientes a los que por falta de disponibilidad no se les pudo asignar un equipo para la prestación del servicio.

Figura 13. Asignación equipos de bombeo

Fecha Servicio	Hora Servicio	Minuto Servicio	Volumen	Cod. Responsable	Responsable	Cod.Solicitante	Solicitante	Equipo
03/02/2009	7	0	100,00	4001777	URBANSA S.A.	4120878	ALKOSTO CL 170	E14
03/02/2009	10	0	25,00	4014334	ALCAZAR DE LA COLINA LTDA	4120696	ALCAZAR DE LA COLINA	A16
03/02/2009	14	0	25,00	4014953	SANTOS JARAMILLO CAMILO.	4123278	SANTOS JARAMILLO CAMILO	E19
09/02/2009	7	0	50,00	4001682	CONSTRUCTORA FORTALEZA LTDA.	4123232	TURINGA IMPERIAL	E31

Fuente: Autor

Es importante mencionar que la herramienta realiza una asignación preliminar de los servicios. Con base a la información obtenida en cuanto a los equipos asignados y a la duración de cada uno de estos servicios, el asesor debe determinar cuales de los clientes que se encuentran en lista de espera pueden ser programados como segundos servicios en aquellos equipos que tengan disponibilidad de jornada laboral.

Figura 14. Plantilla de programación

**PROGRAMACION SERVICIOS DE BOMBEO**

Codigo de la obra: 4123232

Fecha de Servicio: Feb 2009

Tipo de Bomba:  Estacionaria  Manguera de Reduccion  Autobomba

Dom	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb
25	26	27	28	29	30	31
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
1	2	3	4	5	6	7

Volumen a fundir: 100 (m3)

Longitud Tuberia/brazo: 45 (m)

Hora del servicio: 07 : 00 Horas

REGISTRAR FINALIZAR CANCELAR

Fuente: Autor

## 5.5. FUNCIONAMIENTO DE LA HERRAMIENTA

El siguiente algoritmo representa el funcionamiento interno de la herramienta para realizar la asignación de los equipos.

1. Inicio
2. Solicitud de datos
3. Registro de la información
4. Calificación de parámetros de decisión
  - De acuerdo al tipo de cliente
  - De acuerdo al volumen a fundir
  - De acuerdo al cumplimiento en la programación de bombeo

5. Validación de la calificación de acuerdo a capacidades de los equipos que pueden ser 0 o 1.
  - De acuerdo a jornada laboral
  - De acuerdo a longitud de tubería ó brazo
6. Cálculo del puntaje total para la creación de matriz de datos.
  - El valor de cada elemento de la matriz de datos es resultado del producto entre la ponderación de la calificación de los parámetros y el valor obtenido en la validación de la calificación de las capacidades de los equipos.
7. Ciclo de asignación
  - Hacer hasta que no hayan equipos disponibles
    - Encontrar el valor máximo en la matriz de datos
    - En la posición hallada asignar el equipo al cliente correspondiente
    - Eliminar opciones de equipos para el cliente asignado
    - Eliminar opciones de clientes para el equipo asignado
    - Volver al inicio del ciclo de asignación
  - Clientes sin equipos asignados colocar en lista de espera
8. Fin

|

## **6. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

### **6.1. PRUEBA PILOTO E IMPLEMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA**

Para garantizar la correcta asignación de los equipos y el adecuado manejo de la información dentro de la herramienta fue necesario realizar una prueba piloto que permitiera la validación de cada una de las funciones que eran agregadas para su correcta ejecución.

En cuanto a la herramienta pudo ser puesta a punto, se procedió su implementación en el Centro de Soluciones en Concreto, para lo que fue necesario capacitar al asesor de servicio encargado de la programación de los servicios de bombeo.

Debido a que la herramienta no presenta dificultad alguna en su manejo la capacitación fue realizada simultáneamente con la implementación de la herramienta. Se capacitó al asesor en el uso de cada uno de los botones de comando: Registrar, Finalizar y Cancelar; y en la forma en que deben ser ingresados los datos solicitados.

Con el propósito de que la herramienta pueda ser utilizada por cualquier persona que no haya recibido la capacitación personalizada, fue creado un manual de operación de la herramienta donde se explican la naturaleza de los datos a ingresar, la funcionalidad de cada uno de los botones y los resultados obtenidos; este manual se encuentra adjunto en el Anexo J.

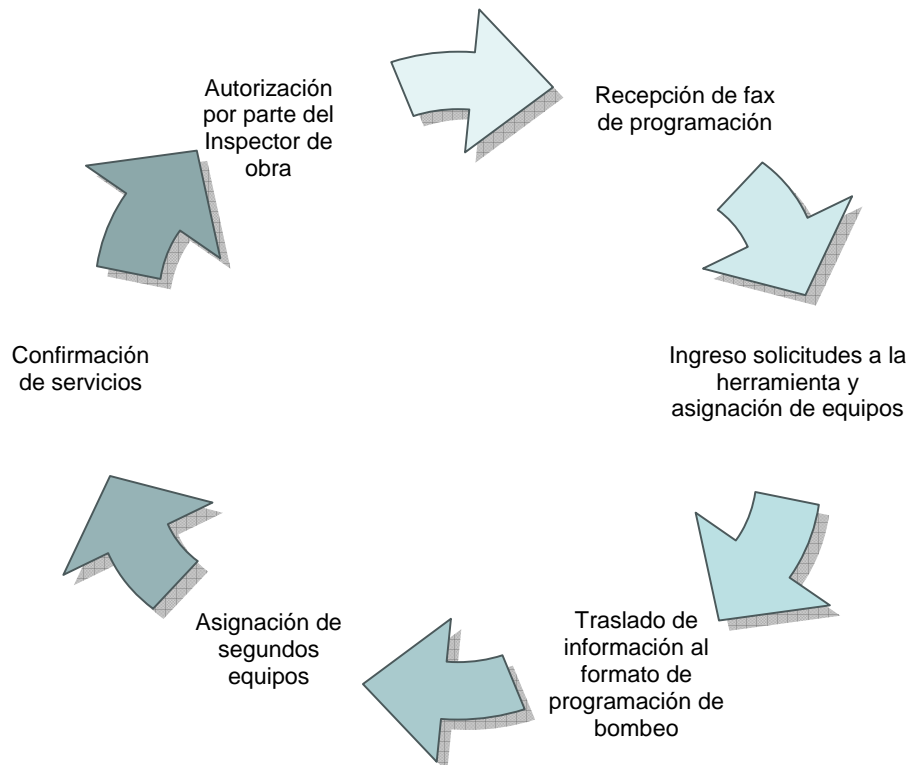
Una vez obtenidos los resultados, el asesor debe registrar la información obtenida en el control de la programación de los servicios de bombeo que ha sido manejado hasta el momento.

Al implementar la herramienta en el área surgió la necesidad de facilitar el ingreso de la información al formato de programación de los servicios de bombeo por lo que actualmente el autor y el asesor encargado de la programación se encuentran trabajando en la creación de un enlace entre la herramienta y el formato que permita trasladar la información una vez la herramienta haya sido ejecutada. Además se le solicitó al autor la posibilidad de permitir variabilidad en los equipos disponibles para la asignación pues a futuro estos pueden aumentar.

A partir de la implementación de la herramienta fue necesario modificar el procedimiento utilizado para la programación de los equipos de bombeo. El nuevo procedimiento cuenta con más etapas que el anterior pero tiene como ventaja que asegura la correcta asignación de los servicios y le ofrece a la compañía y al cliente objetividad en la toma de decisiones. El nuevo procedimiento se presenta en la Figura 15.

Como fue establecido en el plan de trabajo, una vez la herramienta fuese implementada, se evaluarían los resultados obtenidos en cuanto a los indicadores de gestión que se encuentran directa e indirectamente relacionados con los servicios de bombeo.

Figura 15. Nuevo procedimiento programación equipos de bombeo



Fuente: Autor

## 6.2. ANÁLISIS DE INDICADORES DE GESTIÓN

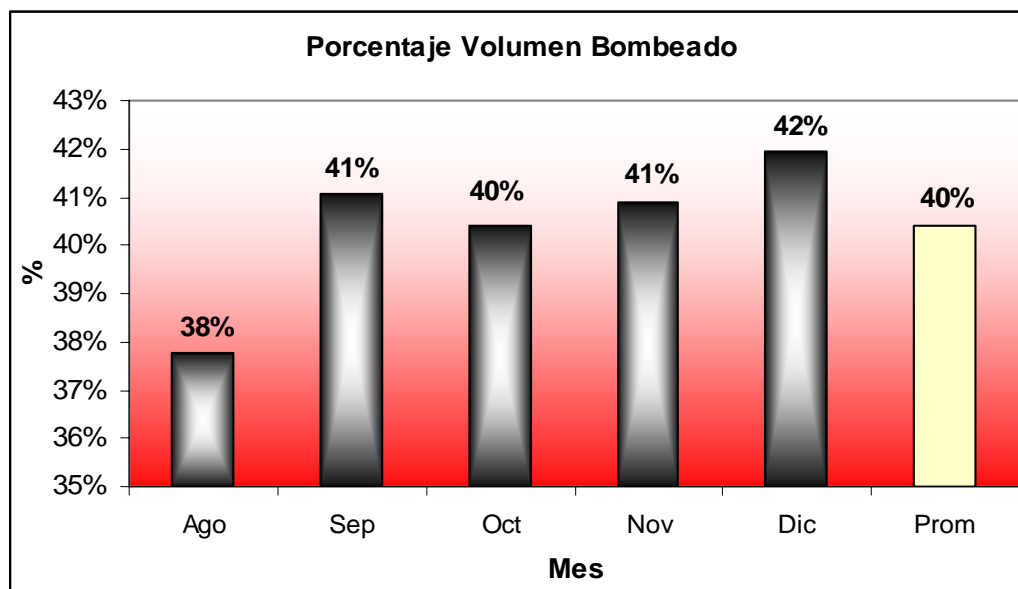
Para el análisis de los indicadores de gestión es importante mencionar que la implementación de la herramienta computacional fue realizada en diciembre de 2007, sin embargo, los parámetros de decisión para la asignación de los equipos fueron modificados con anterioridad puesto que durante el diagnóstico realizado durante el desarrollo del plan de trabajo para este proyecto se pudo evidenciar que así lo necesitaba el procedimiento.

A continuación se presentan el comportamiento de los indicadores en cuanto a porcentaje del volumen bombeado, cumplimiento en la programación de bombeo y

utilización de los equipos. Cabe agregar que existe un factor externo que puede afectar los resultados obtenidos para cada uno de los indicadores durante el mes de diciembre. Este factor se debe a que el mercado de la construcción durante los meses de diciembre y enero presenta una baja en el nivel de su operarividad porque el personal de obra se ausenta durante temporada navideña y de vacaciones. Las obras no tienen control sobre esta situación puesto que en su mayoría manejan un contrato especial con este personal.

**6.2.1. Porcentaje de volumen bombeado.** Este indicador presenta una tendencia alcista desde el mes de agosto hasta el mes de diciembre de 2007 temporada en la que fue desarrollado el presente proyecto. Para el mes de agosto cuando se comenzó a realizar este trabajo, este indicador alcanzaba un valor igual a 38% (ver Figura 16). Una vez se dieron a conocer las falencias del procedimiento y se implementaron los parámetros de decisión para ajustar el procedimiento utilizado hasta el momento, este indicador comenzó a dar evidencia del cambio realizado. En el mes de diciembre el indicador alcanzó un valor del 42% correspondiendo al valor más alto alcanzado durante el segundo semestre del 2007. A pesar de la mejoría evidencia en el transcurso del semestre, este indicador todavía se encuentra por debajo de la meta establecida por la compañía.

Figura 16. Porcentaje Volumen Bombeado

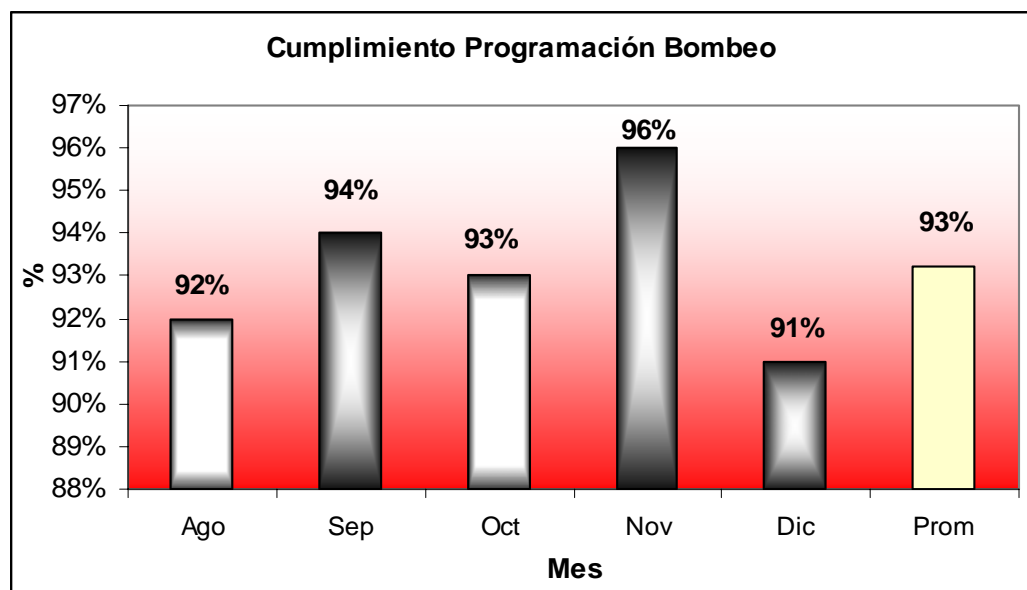


Fuente: Autor

**6.2.2. Cumplimiento programación de bombeo.** En el inicio del estudio este indicador se calculaba de forma general con el propósito de tener un

estimado del comportamiento del mercado pero no para utilizarlo en la toma de decisiones. Con el desarrollo de este proyecto no se logra un mejoramiento del cumplimiento en la programación de los servicios de bombeo por parte del cliente, pero si se logra la implementación de un indicador que permite evaluar el comportamiento general e individual de las obras obteniendo resultados para la toma de decisiones. En la Figura 17 se muestra el comportamiento general de las obras presentado en el segundo semestre de 2007.

Figura 17. Cumplimiento Programación Bombeo



Fuente: Autor

**6.2.3. Utilización de los equipos de bombeo.** A pesar de que la implementación de la herramienta fue realizada en el mes de diciembre en donde la demanda de concreto se ve disminuida por la ausencia de personal en las obras, se pudo obtener una mejora en la utilización de los equipos. Esta mejora no está directamente relacionada con el valor total de utilización de los equipos pero sí con el valor de la desviación estándar de los datos bajo análisis. En el mes de agosto de 2007 la utilización promedio de los equipos estaba alrededor del 95% pero con una desviación estándar del 22%. Debido a la baja en la demanda la utilización promedio de los equipos en el mes de diciembre fue del 75% pero hubo una disminución en la desviación estándar la cual fue igual al 17% lo que indica que la implementación de la herramienta ha logrado una mejor distribución de los servicios a los equipos disponibles.

## 7. CONCLUSIONES

Se logró implementar un modelo de asignación para la programación de los equipos de bombeos para Holcim (Colombia) S.A. Zona Centro. La herramienta desarrollada en macros de Microsoft Excel, permite al asesor de servicio encargado de la programación realizar el registro de las solicitudes enviadas por los clientes semanalmente asegurando que la totalidad de la información sea ingresada en el menor tiempo posible. Adicionalmente se logró implementar un nuevo indicador para el análisis del comportamiento individual de los clientes ante la programación de los equipos de bombeo, información que es determinante en el momento en que se realiza la asignación de los equipos.

A partir del análisis realizado al procedimiento utilizado por la compañía para la asignación de los equipos de bombeo fue posible evidenciar que la principal causa de las falencias del procedimiento actual es el inadecuado manejo de información y la falta de la misma para la toma de decisiones. Básicamente la buena asignación de los equipos dependía de la persona que en el momento estuviese realizando esta actividad, no se tenían en cuenta los indicadores de gestión calculados mensualmente para el análisis del comportamiento de los clientes como lo son el factor de llenado, cumplimiento de la programación de concreto y tiempo de permanencia de mixer en obra. Tampoco se tenía conocimiento alguno de la duración de un servicio de bombeo dependiendo del volumen y longitud de tubería o brazo requeridos por el cliente para el servicio, por lo que en algunas ocasiones los segundos servicios eran retrazados por la mala programación realizada. Como alternativa de mejora para estas situaciones fue necesaria la creación de bases de datos que permitieran la manipulación de la información en la herramienta desarrollada y adicionalmente que permitieran el cálculo estimado de la duración de cada uno de los servicios solicitados para realizar una programación más acorde a la realidad.

La implementación de la herramienta garantiza un único criterio de programación basado en la importancia que la compañía desee darle a cada uno de los parámetros de decisión establecidos. Inicialmente esta tarea era desarrollada por los 8 asesores de servicios con los que cuenta el Centro de Soluciones en Concreto realizando una rotación semanal. Debido a que la calidad de la asignación variaba dependiendo de la persona que fuera responsable de la tarea, fue necesario designar al asesor que mejor desempeñara la actividad, persona que la ha venido desarrollando hasta el momento. La herramienta permite entonces eliminar esta dependencia garantizando una buena asignación de los equipos sin importar quien la realice.

Adicional a brindar objetividad y unificar criterio en la asignación de los equipos, la herramienta garantiza una distribución más equitativa de los servicios entre los equipos disponibles situación que se evidencia con el comportamiento de indicador de utilización de capacidad de los equipos antes y después de la implementación de la herramienta el cual disminuyó la desviación estándar de la utilización promedio de los equipos de un 22% a un 17% entre agosto y diciembre del 2007. A esto se le suma el aumento del indicador de porcentaje de volumen bombeado pues si se establece una mejor distribución es posible que se de cabida a un mayor número de servicios aumentando el volumen bombeado, en el mes de agosto este indicador fue igual al 38% y para el mes de la implementación alcanzó un valor igual al 42%.

|

## 8. RECOMENDACIONES

Se recomienda actualizar mensualmente las bases de datos utilizadas en la asignación de los equipos para que en el momento en que se ejecute la herramienta se obtengan resultados acordes a la realidad del momento.

Con el propósito de aumentar la información manejada por la nueva herramienta se recomienda enlazarla con la herramienta para la programación de personal de bombeo pues la información que es recolectada en la nueva herramienta cumple con la necesaria para la utilización de la segunda herramienta. Cabe notar que la herramienta para la programación de personal de bombeo no es utilizada en la actualidad por la compañía y además de realizar la programación del personal permite el cálculo de indicadores para evaluar su productividad.

Se sugiere para la disminución del ciclo de viaje de bombeo para las bombas estacionarias realizar el armado de la tubería el día anterior al servicio para que de esta forma se elimine de la jornada de trabajo el tiempo de armado y de espera que actualmente corresponden alrededor de dos horas del ciclo. El ciclo entonces quedaría reducido al tiempo de recorrido a la obra, tiempo de acople de la bomba a la tubería previamente armada, tiempo de bombeo, tiempo de lavado y a tiempo de retorno a planta. La reducción del tiempo del ciclo de viaje de bombeo significa mayor disponibilidad para prestación de servicios.

Se plantea la posibilidad de utilizar la actual herramienta como base para realizar un proyecto que busque la optimización de la asignación de los servicios de bombeo teniendo en cuenta los costos de transporte y de producción. Este proyecto buscaría asignar aquellos servicios que brinden un mayor margen de utilidad. Para la obtención de una respuesta óptima será necesaria la adquisición de un software especializado en la solución de estos problemas como lo es Winqsb.

## BIBLIOGRAFÍA

CORTES; GARCIA; PASTOR; ANDRES. Programación de trabajos en máquinas paralelas con velocidad dependiente de las asignación de recursos limitados. Año 2005.

HILLIER; LIEBERMAN. Investigación de operaciones, Séptima Edición, Mc Graw Hill año 2002.

ROJASOONTHON; BARD. A GRASP for Parallel Machine Scheduling with Time Windows. Año 2005.

LONDOÑO; JUAN CARLOS. Curso en operación y mantenimiento de bomba de hormigón. IMOCON 2007.

ROJASOONTHON; BARD. A Branch and Price Algorithm for Parallel Machine Scheduling with Time Windows and job Priorities. Año 2005.

TUPIA; MAURICIO. Un algoritmo voraz para resolver el problema de la programación de tareas dependientes en máquinas diferentes. Año 2004.

<http://parasol.tamu.edu/groups/amatogroup/research/scheduling> Documento Web: Algorithms & Applications Group Task Scheduling. Smarter Computing Texas A&M University.

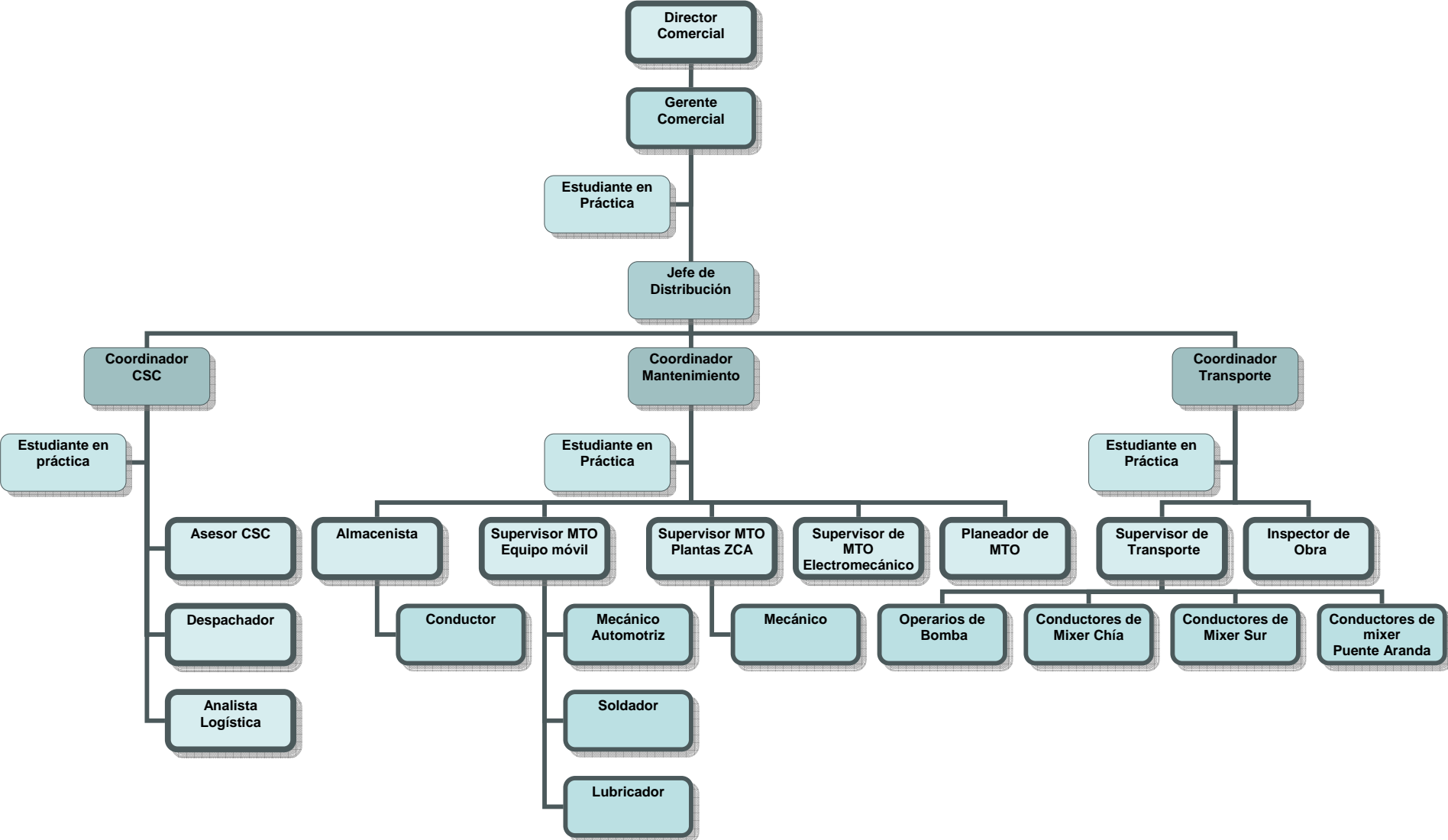
<http://www.inf.utfsm.cl/~mcriff/fio/redes/aplicaiones/html> Documento Web: Aplicaciones de la Programación Lineal.

[www.itson.mx/dii/elagarda/apagina2001/PM/asignacion/html](http://www.itson.mx/dii/elagarda/apagina2001/PM/asignacion/html) Documento Web: Modelos de asignación.

<http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/gbriceno/IO-2004/problemas%20transporte%20y%20asignacion.pdf> Documento Web: Programación Lineal: Problemas de transporte y asignación.

## **ANEXOS**

### ANEXO A. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL ÁREA DISTRIBUCIÓN ZONA CENTRO



## ANEXO B. FORMATO DE PROGRAMACIÓN SEMANAL DE CONSUMO DE CONCRETO EN OBRA Y PROGRAMACIÓN DE BOMBA



Holcim (Colombia) S.A.  
Planta de concreto Puente Aranda  
Calle 23 No 62-62  
Bogotá D.C.

PSX: 4172121  
Fax programación: 4172110

### PROGRAMACIÓN SEMANAL DE CONSUMO DE CONCRETO EN OBRA Y PROGRAMACIÓN DE BOMBA

81 M 001/F1

Cod. Responsable: _____	Razón Social: _____	Semana: _____
Cod. Solicitante: _____	Nombre de la Obra: _____	Del: a _____ m _____ d _____
Teléfono: _____	Frete: _____	Al: a _____ m _____ d _____

Dia	Tipo de Concreto	Cantidad	Torta Inferior		Concreto a la vista		Tipo gravilla mm		Forma de desargue					Hora requerida*	Frecuencia de llegada
			Si	No	Si	No	12,5	25,0	Bomba		Directo al Elemento	Mezcladero	Torre grúa		
									Estacionaria			Auto	Capacidad		
			Vert.	Hor.					m3	m3					
Lunes															
Martes															
Miércoles															
Jueves															
Viernes															
Sábado															

\* La hora requerida no implica garantía del horario, ésta estará sujeta a la disponibilidad de horario.

Enviado por (Nombre del Residente de obra): _____	Firma: _____	Representante Comercial _____
---	--------------	-------------------------------



## ANEXO D. FORMATO CONTROL DE VISITA A OBRA



Holcim (Colombia) S.A.

### Control de la Visita a Obra

Fecha de la Visita:		Hora de la Visita:		Fecha del Servicio:	
Cliento:				kgf/cm <sup>2</sup>	
Obra:				m <sup>3</sup> Programados:	
Dirección:				Hr. Llegada Bomba:	
Contacto en Obra:				Hr. Armada Bomba:	
Teléfono de la Obra:				Hr. de Servicio:	
				Hr. Inicio Bombeo:	
				Hr. Fin Bombeo:	
				Hr. Salida de la Obra:	
Tipo de Bomba:	Autobomba ( )		Estacionaria ( )		
Longitud de la Tubería:	Horizontal:				
	Vertical:				
Tiempo Variable en el Armado:					
Elementos a Fundir:	1.	2.	3.		

Observaciones de Programación:

---



---

### RECOMENDACIONES Y COMENTARIOS DEL SERVICIO DE BOMBEO

- |   |               |
|---|---------------|
| 1. Se verificaron las características y las especificaciones de EL SITIO donde se va a ubicar la bomba?                       | SI ( ) NO ( ) |
| 2. La obra se compromete a dejar despejado el espacio de la bomba y a no cambiarlo en el transcurso del Servicio?             | SI ( ) NO ( ) |
| 3. Se permite el lavado de las Mixer y de la Bomba en Obra?   | SI ( ) NO ( ) |
| 4. Se aclaro la necesidad de tener la PURGA* lista en obra para lubricar la tubería de la Bomba?                              | SI ( ) NO ( ) |
| 5. Se programaron TODOS los horarios del servicio de Bombeo según los elementos a fundir y el Tipo de Bomba?                  | SI ( ) NO ( ) |
| 6. Se evaluaron los ACCESOS a la Obra, que permiten maniobrar y mover fácilmente la Bomba y las Mixer?                        | SI ( ) NO ( ) |
| 7. Se aclaro que deben estar completamente listos los elementos a fundir ANTES de la hora del Servicio (Prog.)?               | SI ( ) NO ( ) |
| 8. La obra proveerá el andamiaje adecuado alrededor de los elemento a fundir?   | SI ( ) NO ( ) |
| 9. Se cuenta con el número suficiente de personal y de vibradores probados con anterioridad?                                  | SI ( ) NO ( ) |
| 10. El personal de la Obra estará listo antes de la Hora Programada para el Servicio?   | SI ( ) NO ( ) |
| 11. La obra revisaran ANTES de la llegada de la Bomba elementos como la pluma, formaletas, refuerzos, etc?                    | SI ( ) NO ( ) |
| 12. La obra revisará el Concreto de las Mixer de acuerdo con los procedimiento de la Norma NTC 396.454, Y 550?                | SI ( ) NO ( ) |
| 13. La obra evaluará la continuidad del suministro de concreto en comun acuerdo con el centro de despachos?                   | SI ( ) NO ( ) |
| 14. La obra esta preparada en el caso que se presente lluvia al momento de la fundida?  | SI ( ) NO ( ) |
| 15. Se aclaro a la obra que NO se puede Suministrar concreto en el Horario de Restricción ( 7 -9 y 18 -20) de trafico pesado? | SI ( ) NO ( ) |
| 16. Se verifico la presencia de cables de energia o estructuras aledañas que impidan el movimiento de la tubería?             | SI ( ) NO ( ) |
| 17. Se verificó la distancia del brazo o de la tubería necesaria para llegar a los elementos a fundir?                        | SI ( ) NO ( ) |
| 18. Se cuenta con la iluminación necesaria para tener con la visibilidad en la fundida?                                       | SI ( ) NO ( ) |
| 19. Se recomendo a la obra cubicar rapidamente el saldo para evitar los taponamientos de la tubería y/o juntas frias?         | SI ( ) NO ( ) |
| 20. Se aclaro que se traerá la tubería y la abrazaderas necesarias para una pronta instalación y armado de la tubería?        | SI ( ) NO ( ) |

\* PURGA: Una bolsa de cemento por dos carretillas de arena.

Firma: \_\_\_\_\_ Holcim  
Nombre:

Firma: \_\_\_\_\_ Obra  
Nombre:

## ANEXO E. REPORTE DE TIEMPOS DE EQUIPOS DE BOMBEO



Holcim (Colombia) S.A.

Planta:	
Mes:	
Equipo:	

D6 M 104/F3 Bloque 3

#	Fecha	Hora Salida Planta	Hora Llegada Obra	Hora armada bomba	Inicio de Bombeo	Finalizacion de Bombeo	Hora salida de obra	Hora Llegada obra/Planta	Metro cúbicos bombeados	Total Ciclo	Tiempo Armando	Tiempo de Lavado	Tiempo de Bombeo	Tiempo de Espera
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
24														
25														
26														
27														
28														
29														
30														

<b>Total</b>					
<b>Promedio por servicio</b>					

## ANEXO F. FORMATO CONTROL DE COLOCACIÓN DE M3 CON BOMBA



Holcim (Colombia) S.A.

### Control de Colocación de m3 con Bomba

Equipo:	Estacionaria	No. 14	Fecha:	10 de Octubre de 2007
Cliente:	Origami Proyectos		Informe No.	
Obra:	Ventto		Numero Pedido	1200
Dirección:	Ci 141 # 7B - 22		m3 Programados:	52
Operario:	La Rota Parra Vicente		Hr. Llegada Bomba:	6:00
Ayudantes:	Perea Perea Ever Lenis		Hr. Armada Bomba:	7:00
	Ortiz Polania Boris Eden		Hr. Inicio Bombeo:	7:00
Hr. Programada:	5:00		Hr. Fin Bombeo:	
Hr. de Servicio:	7:00		Hr. Salida de Obra :	
Observaciones de Programación:	Llenar formato ATS			

Viaje No	No de Entrega	Mixer No	Hr.Llegada	Descargue		m3	Total	Observaciones
				Inicio	Finaliza			
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								

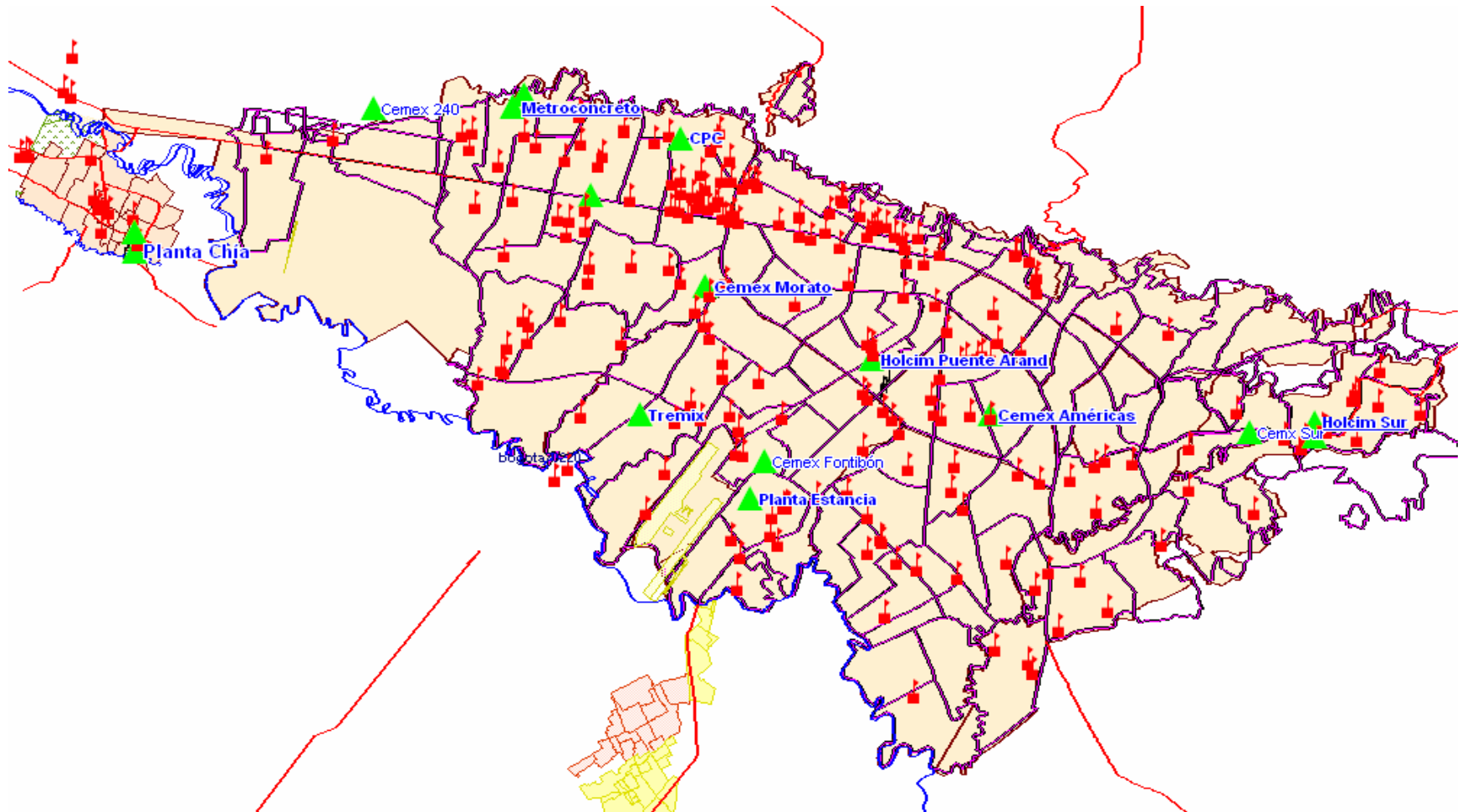
D6 M 104/F3 Bloque 3

m3 Descargados Sin Bomba		
Mixer No	Cantidad (m3)	Elemento

Confirmado por:	
Confirmado a:	
Elaboró:	

Firma: \_\_\_\_\_ Obra  
Nombre: \_\_\_\_\_

## ANEXO G. GEOREFERENCIACIÓN POR UPZ DE OBRAS HOLCIM (Colombia) S. A. Zona Centro



Fuente: Intranet Holcim (Colombia) S.A. Área de Mercadeo. Agosto de 2007

## ANEXO H. LISTADO UPZ REGLAMENTADAS

<b>SECRETARIA DISTRITAL DE PLANEACIÓN</b>			
<b>Oficina Asesora de Prensa y Comunicaciones</b>			
<b>UNIDADES DE PLANEAMIENTO ZONAL - UPZ REGLAMENTADAS</b>			
<b>No.</b>	<b>No. UPZ</b>	<b>UPZ</b>	<b>Localidad</b>
1	16	SANTA BARBARA	USAQUEN
2	107	QUINTA PAREDES	TEUSAQUILLO
3	114	MODELIA	FONTIBON
4	106	ESMERALDA	TEUSAQUILLO
5	30	BOYACA REAL	ENGATIVÁ
6	15	COUNTRY CLUB	USAQUEN
7	25	LA FLORESTA	SUBA
8	102	LA SABANA	MÁRTIRES
9	12	TOBERIN	USAQUEN
10	39	QUIROGA	RAFAEL URIBE URIBE
11	38	RESTREPO	ANTONIO NARIÑO
12	19	EL PRADO	SUBA
13	29	MINUTO DE DIOS	ENGATIVÁ
14	37	SANTA ISABEL	MÁRTIRES
15	44	AMERICAS	KENNEDY
16	88	EL REFUGIO	CHAPINERO
17	97	CHICÓ LAGO	CHAPINERO
18	18	BRITALIA	SUBA
19	103	PARQUE SALITRE	BARRIOS UNIDOS
20	104	PARQUE SIMÓN BOLIVAR - CAN	TEUSAQUILLO
21	47	KENNEDY CENTRAL	KENNEDY
22	72	BOLIVIA	ENGATIVÁ
23	109	CIUDAD SALITRE ORIENTAL	TEUSAQUILLO
24	110	CIUDAD SALITRE OCCIDENTAL	FONTIBON
25	17	SAN JOSE DE BAVARIA	SUBA
26	33	SOSIEGO	SAN CRISTOBAL
27	20	LA ALHAMBRA	SUBA
28	82	PATIO BONITO - MEJORAMIENTO INTEGRAL	KENNEDY
29	28	EL RINCON - MEJORAMIENTO INTEGRAL	SUBA
30	59	ALFONSO LÓPEZ - MEJORAMIENTO INTEGRAL	USME

31	54	MARRUECOS - MEJORAMIENTO INTEGRAL	RAFAEL URIBE URIBE
32	50	LA GLORIA - MEJORAMIENTO INTEGRAL	SAN CRISTOBAL
33	84	BOSA OCCIDENTAL - MEJORAMIENTO INTEGRAL	BOSA
34	56	DANUBIO - MEJORAMIENTO INTEGRAL	USME
35	86	EL PORVENIR - MEJORAMIENTO INTEGRAL	BOSA
36	57	GRAN YOMASA - MEJORAMIENTO INTEGRAL	USME
37	46	CASTILLA	KENNEDY
38	71	TIBABUYES - MEJORAMIENTO INTEGRAL	SUBA
39	58	COMUNEROS - MEJORAMIENTO INTEGRAL	USME
40	68	TESORO - MEJORAMIENTO INTEGRAL	CIUDAD BOLÍVAR
41	67	LUCERO - MEJORAMIENTO INTEGRAL	CIUDAD BOLÍVAR
42	35	CIUDAD JARDÍN	ANTONIO NARIÑO
43	49	APOGEO	BOSA
44	21	LOS ANDES	BARRIOS UNIDOS
45	53	MARCO FIDEL SUÁREZ - MEJORAMIENTO INTEGRAL	RAFAEL URIBE URIBE
46	81	GRAN BRITALIA - MEJORAMIENTO INTEGRAL	KENNEDY
47	55	DIANA TURBAY - MEJORAMIENTO INTEGRAL	RAFAEL URIBE URIBE
48	65	ARBORIZADORA	CIUDAD BOLÍVAR
49	45	CARVAJAL	KENNEDY
50	14	USAQUEN	USAQUEN
51	13	LOS CEDROS	USAQUEN
52	22	DOCE DE OCTUBRE	BARRIOS UNIDOS
53	85	BOSA CENTRAL	BOSA
54	40	CIUDAD MONTES	PUENTE ARANDA
55	43	SAN RAFAEL	PUENTE ARANDA
56	66	SAN FRANCISCO	CIUDAD BOLIVAR
57	26	LAS FERIAS	ENGATIVA
58	62	TUNJUELITO	TUNJUELITO

59	73	GARCES NAVAS	ENGATIVA
60	41	MUZU	PUENTE ARANDA
61	69	ISMAEL PERDOMO	CIUDAD BOLÍVAR
62	70	JERUSALEN	CIUDAD BOLÍVAR
63	31	SANTA CECILIA	ENGATIVA
64	24	NIZA	SUBA
65	36	SAN JOSE	RAFAEL URIBE URIBE
66	23	CASA BLANCA	SUBA
67	96	LOURDES	SANTAFE
68	51	LOS LIBERTADORES MEJORAMIENTO INTEGRAL	SAN CRISTOBAL
69	34	VEINTE DE JULIO - MEJORAMIENTO INTEGRAL	SAN CRISTOBAL
70	9	VERBENAL - MEJORAMIENTO INTEGRAL	USAQUEN
71	11	SAN CRISTOBAL NORTE - MEJORAMIENTO INTEGRAL	USAQUEN
72	32	SAN BLAS - MEJORAMIENTO INTEGRAL	SAN CRISTOBAL
73	52	LA FLORA - MEJORAMIENTO INTEGRAL	USME
74	48	TIMIZA	KENNDY
75	99	CHAPINERO	CHAPINERO
76	10	LA URIBE	USAQUEN
77	90	PARDO RUBIO	CHAPINERO
78	27	SUBA	SUBA
79	113	BAVARIA	KENNEDY
80	100	GALERIAS	TEUSAQUILLO
81	112	GRANJAS DE TECHO	FONTIBON
82	88-97	CHICO LAGO REFUGIO	CHAPINERO
83	108-111	ZONA INDUSTRIAL Y PUENTE ARANDA	PUENTE ARANDA
84	91	SAGRADO CORAZON	SANTA FE
85	92	MACARENA	SANTA FE
86	93	NIEVES	SANTA FE
87	94	LAS CRUCES	SANTA FE
88	95	CANDELARIA	CANDELARIA
89	101	TEUSAQUILLO	TEUSAQUILLO

Fuente: [www.dapd.gov.co/www/resources/upz\\_reglamentadas\\_noviembre\\_2007\\_we](http://www.dapd.gov.co/www/resources/upz_reglamentadas_noviembre_2007_we)  
b.xls

## ANEXO I. LISTADO UPZ CON TIEMPOS DE RECORRIDO

UPZ/ Municipio	Tiempo Recorrido (min).
20 DE JULIO	40
AEROPUERTO EL DORADO	46
ALAMOS	35
ALFONSO LOPEZ	62
AMERICAS	25
APOGEO	50
ARBOLIZADORA	67
BAVARIA	20
BOLIVIA	46
BOSA CENTRAL	49
BOSA OCCIDENTAL	46
BOYACA REAL	39
BRICEÑO	80
BRITALIA	44
CAJICA	82
CALANDAIMA	35
CAPELLANIA	29
CARVAJAL	26
CASA BLANCA	45
CASTILLA	28
CHAPINERO	35
CHÍA	75
CHICO LAGO	39
CIUDAD JARDIN	45
CIUDAD MONTES	35
CIUDAD SALITRE OCCIDENTAL	23
CIUDAD SALITRE ORIENTAL	18
CIUDAD USME	63
COMUNEROS	65
CORABASTOS	30
COTA	47
COUNTRY	43
DANUBIO	58
DIANA TURBAY	56
DOCE DE OCTUBRE	35
EL MINUTO	40
EL MOCHUELO	50
EL PORVENIR	55
EL PRADO	40
EL REFUFIO	40

EL RINCON	45
EL TESORO	78
ENGATIVA	48
FACA	70
FONTIBON	41
FONTIBON SAN PABLO	37
FUNZA	49
GALERIAS	25
GARCES NAVAS	40
GRAN BRITALIA	35
GRAN YOMASA	50
GRANJAS DE TECHO	28
GUAYMARAL	85
ISMAEL	50
JARDIN BOTANICO	20
JERUSALEM	54
KENNEDY	34
LA ACADEMIA	57
LA ALHAMBRA	40
LA CALERA	96
LA CANDELARIA	28
LA ESMERALDA	20
LA FLORA	61
LA FLORESTA	34
LA GLORIA	53
LA MACARENA	23
LA SABANA	16
LA URIBE	62
LAS CRUCES	35
LAS FERIAS	29
LAS MARGARITAS	42
LAS NIEVES	30
LOS ALCAZARES	37
LOS ANDES	30
LOS CEDROS	51
LOS LIBERTADORES	58
LOURDES	35
LUCERO	57
MADRID	50
MARCO FIDEL	49
MARRUECOS	49
MODELIA	27
MONTE BLANCO	58
MOSQUERA	39
MUZU	33

NIZA	42
PARDO RUBIO	35
PARQUE EL SALITRE	18
PARQUE ENTRENUBES	65
PARQUE SIMON BOLIVAR	20
PASEO LOS LIBERTADORES	70
PATIO BONITO	38
PUENTE ARANDA	19
QUINTA PAREDES	10
QUIROGA	40
RESTREPO	40
SAGRADO CORAZON	33
SAN BLAS	48
SAN CRISTOBAL	61
SAN FRANCISCO	44
SAN ISIDRO PATIOS	76
SAN JOSE	40
SAN JOSE DE BAVARIA	47
SAN RAFAEL	22
SANTA BARBARA	38
SANTA CECILIA	31
SANTA ISABEL	35
SOCHA	53
SOCIEGO	39
SOPO	97
SUBA	46
TABIO	80
TENJO	70
TEUSAQUILLO	21
TIBABUYES	50
TIMIZA	35
TINTAL	35
TINTAL SUR	55
TOBERIN	53
TOCANCIPA	105
TUNJUELITO	47
USAQUEN	41
VENECIA	38
VERBENAL	55
ZIPA	97
ZONA FRANCA	30
ZONA INDUSTRIAL	15

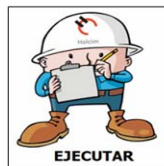
## ANEXO J. MANUAL DE OPERACIÓN DE LA HERRAMIENTA

# MANUAL HERRAMIENTA PARA ASIGNACIÓN DE LOS EQUIPOS DE BOMBEO



## Ejecución de la herramienta

- En la hoja PRINCIPAL del archivo se encuentran las calificaciones, ponderaciones de los parámetros de decisión y los tiempos del ciclo de bombeo con los que se realizará la asignación. Su valor podrá ser modificado en el momento en que se requiera. Esto debe realizarse antes de EJECUTAR la herramienta.



### PROGRAMACIÓN DE LOS SERVICIOS DE BOMBEO

DE ACUERDO A BASE DE DATOS DE CLIENTES		Ponderación
CLIENTE TIPO A	10	45%
CLIENTE TIPO B	7	
CLIENTE TIPO C	4	
NINGUNO DE LOS ANTERIORES	1	

TIEMPO PROMEDIO BOMBEO (min)		
Tipo de Bombeo	Estacionaria	Autobombas
t Espera	59	54
t Armado	66	46
t Lavado/Desarme	53	53
m <sup>3</sup> /hora	16	16

CUMPLIMIENTO PROGRAMACIÓN DE BOMBEO		Ponderación
NIVEL CUMPLIMIENTO	>= 90%	10
50%	>= NC < 90%	7
NIVEL CUMPLIMIENTO	< 50%	4
NO TIENE INFORMACIÓN		1

VOLUMEN A FUNDIR, m <sup>3</sup>		Ponderación
VOLUMEN <= 15	15	1
15 >= VOL =< 50	50	5
VOLUMEN > 50	50	10

\*Volumen promedio calculado en el reporte mensual de bombeo.

## Ingreso de los Datos

- Una vez se de click en la opción EJECUTAR la herramienta solicitará el ingreso de cada una de las solicitudes enviadas por los clientes. El asesor debe asegurarse de ingresar toda la información solicitada en la plantilla.

PROGRAMACION SERVICIOS DE BOMBEO

Codigo de la obra:

Fecha de Servicio: Feb 2009

Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat
27	28	29	30	31		
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
1	2	3	4	5	6	7

Tipo de Bomba:  Estacionaria  
 Manguera de Reduccion  
 Autobomba

Volumen a fundir:  (m3)

Longitud Tubería/brazo:  (m)

Hora del servicio:  :  Horas

REGISTRAR FINALIZAR CANCELAR



## Naturaleza de los Datos

- Código de la obra.** Es el número de identificación del solicitante u obra. Esta conformado por exactamente 7 caracteres.

Codigo de la obra:

- Tipo de Bomba.** Se debe señalar una de las dos opciones de bomba presentada adicionalmente para el caso de la bomba estacionaria existe la posibilidad para escoger manguera de reducción.

Tipo de Bomba:  Estacionaria  
 Manguera de Reduccion  
 Autobomba



## Naturaleza de los Datos

- **Volumen, Longitud y hora de servicio.** Esta información depende de la solicitud realizada por el cliente. En el ingreso de la hora de servicio debe tenerse en cuenta el ingreso de la hora y el minuto exacto en el que se desea iniciar la fundida.

Volumen a fundir:  (m3)  
Longitud Tubería/brazo:  (m)  
Hora del servicio:  :  Horas



- **Fecha de servicio.** Debe escogerse la fecha en el calendario proporcionado en la herramienta, esto para evitar confusión en la interpretación de los días y meses del año.

Fecha de Servicio:

Feb 2009

Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat
25	26	27	28	29	30	31
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
1	2	3	4	5	6	7

## Fin de registro de los Datos

- Cada vez que un registro es llenado completamente debe hacerse click en el botón de comando REGISTRAR.



Volumen a fundir:  (m3)  
Longitud Tubería/brazo:  (m)  
Hora del servicio:  :  Horas

REGISTRAR

FINALIZAR

CANCELAR



- Si la solicitud es la última antes de dar por finalizada en ingreso, debe registrarse esta última información dand click en el comando REGISTRAR y luego proceder a FINALIZAR el ingreso de datos para obtener la asignación de los equipos

## Asignación de los equipos

- Una vez FINALIZADA el ingreso de las solicitudes se obtiene como resultado del funcionamiento de la herramienta la asignación de los equipos correspondientes en la hoja ASIGNACIÓN de la herramienta. Para aquellos clientes a los que no se les pudo asignar un equipo, quedarán registrados en la hoja LISTA DE ESPERA
- Si en algún momento se desea interrumpir la ejecución de la herramienta debe hacerse click en el comando cancelar y escoger la opción SI en la ventana desplegable que emerge en la pantalla, es importante mencionar que la interrupción de la herramienta no guardará ninguna información ingresada hasta el momento.

