



**UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**

**ANÁLISIS DE LAS NO CONFORMIDADES EN OBRAS DE MONTAJE INDUSTRIAL  
DE UNA EMPRESA CONSTRUCTORA**

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**CAMILO HUMBERTO ARRIAGADA GARIN**

**PROFESOR GUÍA:  
SR. DAVID CAMPUSANO BROWN**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
SR. HECTOR HIDALGO APABLAZA  
SR. MARCO RIVAS SILVA**

**SANTIAGO DE CHILE  
OCTUBRE 2007**

**RESUMEN DE LA MEMORIA  
PARA OPTAR AL TITULO DE  
INGENIERO CIVIL  
POR: CAMILO ARRIAGADA G.  
FECHA: 24/10/2007  
PROF. GUIA: DAVID CAMPUSANO B.**

**“Análisis de las no conformidades en obras de montaje industrial de una empresa constructora”**

El objetivo principal del presente trabajo de título es evaluar el modo en que se detectan y analizan las no conformidades existentes en una empresa constructora, encontrar las causas raíces de éstas y elaborar propuestas que las disminuyan y en el mejor de los casos las eliminen.

Para cumplir con el objetivo se determinaron las principales no conformidades de la empresa considerando dos criterios de selección, el de frecuencia y el de costo, y se construyeron los diagramas de pareto necesarios. Una vez identificados los principales problemas se estudiaron, a través de distintas herramientas de control de la calidad, como son: el diagrama causa – efecto, diagrama de relaciones, y diagrama de árbol, para así obtener las causas raíces de las no conformidades. Finalmente se elaboraron las propuestas.

Los resultados indicaron que las mayores deficiencias se encuentran en terreno, en la planificación y supervisión de los trabajos. Se propuso evaluar los conocimientos técnicos y habilidades de los supervisores, elaborar pautas de supervisión, y fomentar su liderazgo. Para la planificación es importante que se generen compromisos confiables y para esto es necesario aplicar un nuevo sistema de programación, el Last Planner u otro de características similares.

Se concluye que el poseer un sistema de gestión de la calidad es importante, ya que a través de un procedimiento claro se pueden tratar las no conformidades de manera tal de mejorar la consecución de los objetivos propuestos para las actividades constructivas, permitiendo de ese modo disminuir los costos asociados evitando la perdida de utilidades

# Índice

<b>Capítulo 1 : Introducción</b> .....	5
<b>Capítulo 2 : Marco Teórico</b> .....	7
2.1 Evolución Histórica de la Calidad .....	7
2.2 Calidad.....	8
2.3 Sistemas de Gestión de Calidad o Calidad Total .....	11
2.4 Costos de la Mala Calidad.....	14
<b>Capítulo 3 : Fundamentación del proyecto de mejora</b> .....	19
3.1 La Empresa.....	19
3.2 Motivación.....	20
3.3 Objetivos.....	22
3.3.1 Objetivo principal.....	22
3.3.2 Objetivos específicos .....	22
3.4 Metodología.....	23
<b>Capítulo 4 : Identificación de los principales problemas de la organización</b> .....	25
4.1 Detección de No Conformidades .....	25
4.2 Análisis de no conformidades civiles .....	34
4.3 Análisis de no conformidades según partidas .....	40
4.4 Conclusiones del análisis de causas.....	44
4.4.1 Conclusiones del análisis de causas inmediatas y básicas .....	44
4.4.2 Conclusiones del análisis según partidas .....	46
<b>Capítulo 5 : Control de costos de las no conformidades</b> .....	48
5.1 Costos de ejecución de una actividad .....	48
5.2 Costos producidos como consecuencia de las no conformidades.....	49
5.3 Análisis de costo de las no conformidades en tres escenarios distintos .....	51
5.4 Control de costos producidos por las no conformidades de la empresa .....	52

<b>Capítulo 6 : Análisis de no conformidades</b> .....	53
6.1 Herramientas de gestión y control de la calidad .....	53
6.2 Análisis de las principales deficiencias de la organización.....	54
6.3 Conclusiones del análisis de No Conformidades.....	55
<b>Capítulo 7 : Propuestas de mejora</b> .....	57
7.1 Propuestas para la recopilación de información en terreno.....	57
7.2 Propuestas para el mejoramiento en la ejecución de las actividades .....	59
7.3 Propuestas generales .....	62
<b>Capítulo 8 : Conclusiones</b> .....	69
<b>Capítulo 9 : Bibliografía</b> .....	74
<b>Anexo A : Política de Calidad de la empresa</b>	
<b>Anexo B : Matriz de no conformidades</b>	
<b>Anexo C : Diagramas del análisis de no conformidades</b>	

## Índice de figuras y tablas

Figura 2-1: Diferentes perspectivas de la calidad .....	8
Figura 2-2a. Empresa con varios clientes externos a los cuales debe satisfacer .....	9
Figura 2-2b. Empresa vista como una cadena de clientes (C) y proveedores (P) internos.....	9
Figura 2-3: Modelo de Gestión de la Calidad basado en procesos. ....	12
Figura 2-4: Ciclo de Deming para el mejoramiento de procesos. ....	13
Figura 2-5: Los costos tradicionales de la mala calidad son tan solo la punta del iceberg de los costos reales de la mala calidad.....	16
Figura 2-6: Modelo Clásico de Costo – Calidad de un producto. ....	17
Figura 2-7: Modelo de Costo – Calidad de un producto. ....	18
Tabla 3-1: Costos tradicionales de NC por área.....	21
Figura 3-2: Gráfico de porcentaje de los costos tradicionales de NC por área. ....	21
Figura 4-1: Flujograma de detección de No Conformidades. ....	27
Figura 4-2: Formulario de Detección de Hallazgo.....	28
Figura 4-3: Estatus de no Conformidades. ....	29
Tabla 4-1a: Códigos por área. ....	31
Tabla 4-1b: Códigos para causa inmediata. ....	32
Tabla 4-1c: Códigos para causa básica. ....	33
Tabla 4-2: Frecuencia y costo de las causas inmediatas.....	36
Figura 4-4: Diagrama de pareto de causas inmediatas, análisis por frecuencia. ....	37
Figura 4-5: Diagrama de pareto de causas inmediatas, análisis por costo.....	37
Tabla 4-3: Frecuencia y costo de las causas básicas. ....	38
Figura 4-6: Diagrama de pareto de causas básicas, análisis por frecuencia. ....	39
Figura 4-7: Diagrama de pareto de causas inmediatas, análisis por costo.....	39
Tabla 4-4: Frecuencia de no conformidades según partidas civiles.....	42
Figura 4-8: Diagrama de pareto de partidas civiles, análisis por frecuencia. ....	42
Tabla 4-5: Costo de no conformidades según partidas civiles .....	43
Figura 4-9: Diagrama de pareto de partidas civiles, análisis por costo. ....	43
Tabla 4-6: Análisis de causas inmediatas según frecuencia. ....	45
Tabla 4-7: Análisis de causas inmediatas según costo.....	45
Tabla 4-8: Análisis de causas básicas según frecuencia. ....	46

Tabla 4-9: Análisis de causas básicas según costo.....	46
Tabla 5-1: Costos producto de las no conformidades. ....	52
Figura 7-1: Propuesta de planilla de estatus de no conformidades. ....	58
Figura 7-2: Procesos civiles de la nueva planilla. ....	58
Figura 7-3: Proceso de supervisión. ....	64
Figura 7-4: Sistema Último Planificador .....	67

# Capítulo 1 : Introducción

El interés por la calidad ha aumentado en los últimos años extendiéndose a todo tipo de industrias dentro del país, lo que ha promovido el desarrollo y adopción de sistemas de gestión de la calidad.

Ahora bien ¿Por qué es importante la calidad para una empresa? En los mercados actuales los avances tecnológicos y la globalización de la economía colocan a las empresas nacionales frente a una gran tarea: “Reestructurar los sistemas organizacionales para aumentar la productividad y competitividad”. Para lograr este objetivo resulta esencial un enfoque basado en la Calidad, ya que una alta calidad de productos y servicios gana clientes, aumenta las utilidades y reduce los costos. Por otro lado la aparición de la norma internacional ISO 9000 de Sistema de Gestión de la Calidad y los premios nacionales a la calidad han entregado un impulso adicional a este tema.

Los sistemas de gestión de la calidad requieren, como primer paso, el compromiso y liderazgo de la alta gerencia, el que es complementado con programas de capacitación, trabajo en equipo e involucramiento con los proveedores, buscando ejecutar trabajos y procesos de apoyo de acuerdo a especificaciones técnicas, necesidades y expectativas del cliente.

Un sistema de gestión de la calidad corresponde a una estructura de trabajo acordada en toda la empresa, documentada con procedimientos técnicos y administrativos efectivos. Para esto es necesario contar con un sistema de gestión de la calidad eficiente y efectivo. La Organización Internacional de la Estandarización ha publicado la serie de normas ISO 9000, que proveen una guía necesaria para el mejoramiento continuo del desempeño de una organización. Esta norma plantea que la gestión de calidad es un conjunto de actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización en lo relativo a la calidad.

Los sistemas de gestión de la calidad tienen como principio fundamental el de mejora continua, lo que indica que la organización siempre tendrá un área en la cual mejorar. En este sentido se requiere que la organización mida, analice y mejore sus procesos.

Una forma de hacerlo corresponde al análisis de no conformidades, es decir, investigar las causas raíces de los problemas más repetitivos o con un mayor impacto económico en los costos de la mala calidad, con el objetivo de eliminarlos y así lograr una mayor satisfacción con los clientes.

Una razón importante por la que se realiza esta memoria corresponde a la necesidad de la empresa de mantener su sistema de gestión de la calidad activo, a través de la mejora continua tal como lo indica la norma ISO 9001.

Una segunda razón para realizar este estudio corresponde a los elevados costos de las fallas o defectos que traen como consecuencia una disminución importante de las utilidades de la empresa. La organización ha observado que los mayores costos por área se encuentran en la especialidad civil, es por eso que nace la necesidad de realizar una investigación causal de dichas No Conformidades, clasificarlas y generar un procedimiento que permita disminuirlas, eliminarlas y mejorar la gestión de calidad de manera cuantificable económicamente.

En vista de lo anterior el objetivo esencial de esta memoria es proponer mejoras al sistema de gestión de la calidad, a través de analizar las no conformidades presentadas en obras de montaje industrial, distinguir sus causas raíces y priorizar los más críticos de ser tratados y/o mejorados. Además se realizará un análisis de costo de las no conformidades.

Para hacer lo descrito en el párrafo anterior la metodología se dividirá en dos grandes etapas, la primera será un análisis de las No Conformidades identificando con criterios económicos y de frecuencia de ocurrencia las principales causas de origen, y la segunda corresponderá a evaluar y definir implementaciones de planes de acción que mejoren la gestión de la calidad existente.

Finalmente se debe indicar que la empresa que ha facilitado la información correspondiente a las no conformidades y sus costos ha pedido confidencialidad, por lo que no se dará a conocer su nombre.



## **Capítulo 2 : Marco Teórico**

En este capítulo se explicará el marco teórico en el cual se desarrolla este trabajo de título. Se darán a conocer hitos históricos relevantes, conceptos y definiciones relacionadas con Calidad y sus Sistemas de Gestión.

### **2.1 Evolución Histórica de la Calidad**

Con la llegada del siglo XX surgen nuevos métodos de producción, y con esto nuevas ideas acerca de la forma en que una organización debe hacer las cosas para mejorar la calidad de sus productos o servicios, incrementando la satisfacción de los clientes y posibilitando así un aumento de la rentabilidad. Sin embargo, no fue hasta después de la segunda guerra mundial, cuando realmente se avanzó hacia lo que conocemos hoy como Gestión de Calidad, con la publicación del libro “Total Quality Control”<sup>1</sup> que afirmaba que la calidad debe considerarse en todas las etapas del proceso, y con la introducción en Japón de los métodos de control estadístico de la calidad realizado por E. Deming, entre otros hitos importantes.

Este último punto, la aplicación de los métodos de control estadístico en Japón y las visitas a ese país de J. Juran, traen como consecuencia una gran revolución en la forma de ver y hacer calidad, entre los aspectos mas importantes se destacan la participación de los altos directivos de la organización en la realización de los cambios necesarios, la capacitación en el área de calidad de trabajadores de todos los niveles y funciones, y que la mejora de la calidad debe ser un proceso continuo.

Luego con la aparición en 1987 de la norma internacional ISO 9000 de Sistemas de Gestión de la Calidad numerosas empresas y organizaciones han incorporado a la calidad como prioridad fundamental, teniendo como meta proporcionar un producto o servicio que satisfaga por entero al consumidor.

---

<sup>1</sup> Feigenbaum, 1949

Finalmente la creación de la gestión de calidad total (TQM siglas en inglés) ha ayudado a las empresas y organizaciones a realizar los cambios necesarios para lograr el mejoramiento continuo con el fin de reducir los costos, aumentar la rentabilidad y lograr la satisfacción de sus clientes.

## 2.2 Calidad

Calidad es un concepto difícil de definir pues está ligado a diferentes enfoques, dependiendo de si se trata de productos o visión del usuario o tendencias del mercado. Para algunas personas esta asociado a la imagen de excelencia de cierto producto o servicio por sobre otro, mientras que otras lo asocian a la durabilidad o a una característica de su agrado. Por lo tanto la definición de calidad depende en gran medida de quien la enuncie. La siguiente figura ilustra este hecho:

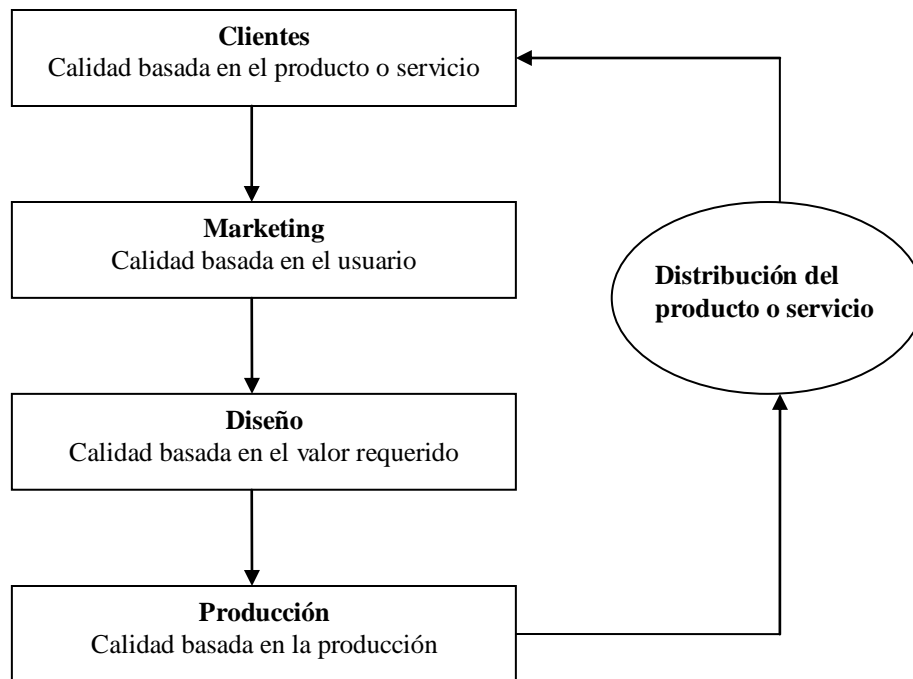


Figura 2-1: Diferentes perspectivas de la calidad<sup>2</sup>

Calidad también se ha definido como el *cumplimiento de requisitos*<sup>3</sup>, o en otras palabras hacer las cosas bien. Sin embargo esta visión esta orientada al productor ya que estimula a cumplir con las

<sup>2</sup> Evans y Lindsay, 2002

<sup>3</sup> Crosby, 1988

especificaciones que el mismo ha definido. Este enfoque olvida al consumidor, lo que puede traer problemas debido a la brecha que se produciría entre sus necesidades reales y los requerimientos que el productor cumple, generando una apreciación de no calidad en el cliente.

La mayoría de las definiciones actuales de calidad están enfocadas en la percepción del usuario. Por lo tanto el concepto de calidad puede ser visto como la *satisfacción del cliente*<sup>4</sup>. En este caso la palabra cliente tiene un sentido más amplio ya que abarca a todos aquellos a quienes un producto o servicio impacta, entonces no solo existen clientes externos (Fig. 2-2a), sino también clientes internos, que pueden ser encontrados en todas los procesos del negocio (fig. 2-2b) de manera tal que la empresa sea vista como una cadena de clientes y proveedores internos.

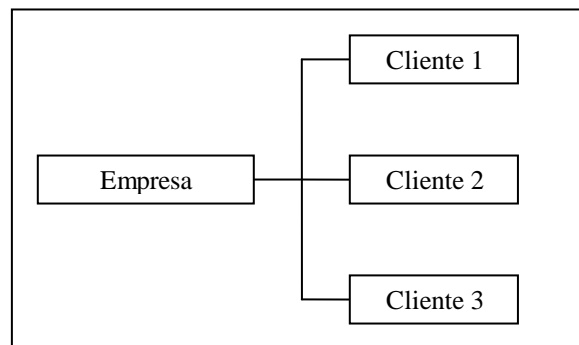


Figura 2-2a. Empresa con varios clientes externos a los cuales debe satisfacer

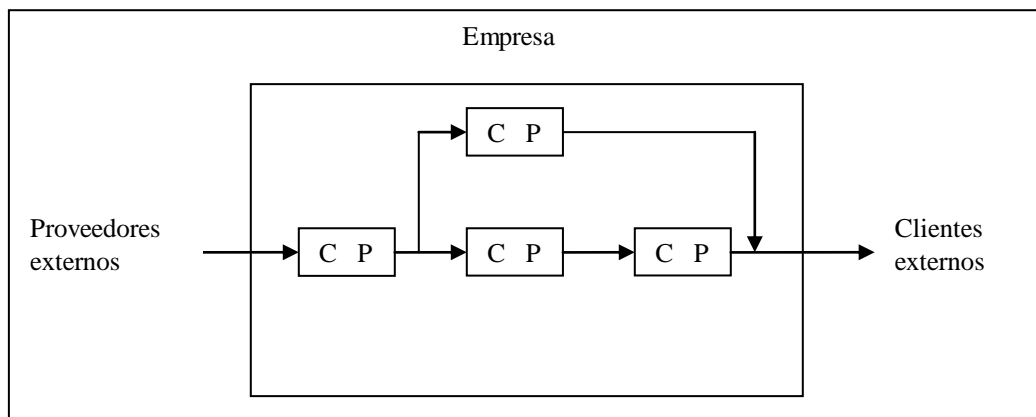


Figura 2-2b. Empresa vista como una cadena de clientes (C) y proveedores (P) internos

Otra definición aceptada para calidad corresponde a la entregada por la Organización Internacional para la Estandarización, que dice lo siguiente: *Calidad es el grado en el que un*

<sup>4</sup> Juran & Gryna, 1995

*conjunto de características inherentes satisface las necesidades o expectativas establecidas*<sup>5</sup>. Esta definición incluye la satisfacción de las necesidades del cliente. El modelo de Kano<sup>6</sup> plantea que las necesidades reales del cliente son una combinación de necesidades, en la que se incluyen las necesidades establecidas (aquellas que el cliente espera y considera importantes), las necesidades implicadas (aquellas que el cliente considera fundamentales y que por lo tanto no tienen incidencia en el grado de satisfacción) y las necesidades subconscientes o latentes (aquellas que provocan una impresión positiva en el cliente). Por lo tanto una mejor calidad se logrará cuando se satisfagan en mayor grado las necesidades recién mencionadas

Por otro lado para medir la calidad o la satisfacción del cliente se debe analizar la interacción de tres componentes, la primera es el producto mismo, la segunda es el usuario y cómo éste, usa el producto, y la tercera corresponde a las instrucciones de uso, formación del cliente y formación de la persona encargada de las reparaciones, este análisis se conoce como el triángulo de interacción o las tres esquinas de la calidad<sup>7</sup>.

Como se ha analizado calidad es un concepto complejo que involucra muchos aspectos, sin embargo puede ser especificado a través de los siguientes parámetros: funcionalidad, confiabilidad, conformidad, durabilidad, características accesorias, servicios, estética, etc. Es importante que para ser competitivo será necesario concentrarse en algunas de ellas y no en todas. La empresa debe determinar los parámetros en los que se enfocará teniendo en cuenta sus objetivos específicos y sus clientes.

Finalmente calidad significa en un sentido estrecho calidad de producto. En un sentido amplio calidad significa calidad de producto, calidad de trabajo, calidad de servicio, calidad de información, calidad de procesos, calidad de organización, calidad de personas, calidad de sistemas, calidad de objetivos, etc. Esta definición corresponde a la de Kaoru Ishikawa y refleja en gran medida que la calidad debe encontrarse en todas las áreas de la empresa, teniendo como meta una adecuada realización del producto y la satisfacción las necesidades del cliente.

---

<sup>5</sup> ISO 9001:2000

<sup>6</sup> Kano, 1996

<sup>7</sup> Deming, 1989

## 2.3 Sistemas de Gestión de Calidad o Calidad Total

El logro de la calidad requiere el funcionamiento de una gran cantidad de actividades identificadas, o en otras palabras, ella debe diseñarse y construirse dentro de un producto o servicio. Debido a esto nacieron los sistemas de gestión de la calidad, que permiten a la organización aplicar distintas técnicas dentro de su administración para lograr satisfacer al cliente.

Un sistema de gestión de la calidad corresponde a una estructura de trabajo acordada en toda la empresa, documentada con procedimientos integrados técnicos y administrativos efectivos, para guiar las acciones coordinadas de la fuerza laboral, las máquinas y la información de la empresa de las formas mejores y más prácticas para asegurar la satisfacción al cliente sobre la calidad y costos económicos de la calidad<sup>8</sup>. Esta definición se basa en que la calidad no debe centrarse en una sola área de la empresa, sino que esta integrada en toda la organización.

Por otro lado J. Juran<sup>9</sup> planteo que la gestión de calidad se realiza a través de tres actividades fundamentales (Trilogía de Juran). La primera corresponde a una planificación, en donde se establecerán metas, se identificarán los clientes y sus necesidades, para luego desarrollar el producto o servicio en base a estos. La segunda actividad es el control de calidad, bajo el cual se medirá el desempeño real, se comparará con los objetivos y metas impuestas, para finalmente actuar en las diferencias existentes y proponer acciones correctivas. Finalmente la tercera y última actividad consiste en mejorar la calidad, a través de identificar claramente los proyectos de mejora, organizar equipos de trabajo para cada uno de estos de manera tal que proporcionen soluciones efectivas. Con estos pasos la gestión de calidad va avanzando a lo que actualmente se conoce como mejoramiento continuo de la calidad.

Para realizar los puntos mencionados anteriormente es necesario contar con un sistema de gestión de la calidad eficiente y efectivo, para esto la Organización Internacional de la Estandarización ha publicado la serie de normas ISO 9000, que proveen una guía necesaria para el mejoramiento continuo del desempeño de una organización. Esta norma plantea que la gestión de calidad es un conjunto de actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización en lo relativo a la calidad. Esta forma de gestión se basa en un modelo de procesos, por lo tanto la organización

---

<sup>8</sup> Feigenbaum, 1986

<sup>9</sup> Juran, 1986

deberá identificarlos, determinar su secuencia, establecer criterios y métodos eficaces para su control, realizar el seguimiento y control de estos, y finalmente implementar acciones para alcanzar los resultados planificados, logrando así la mejora continua de los procesos (fig. 2-3).

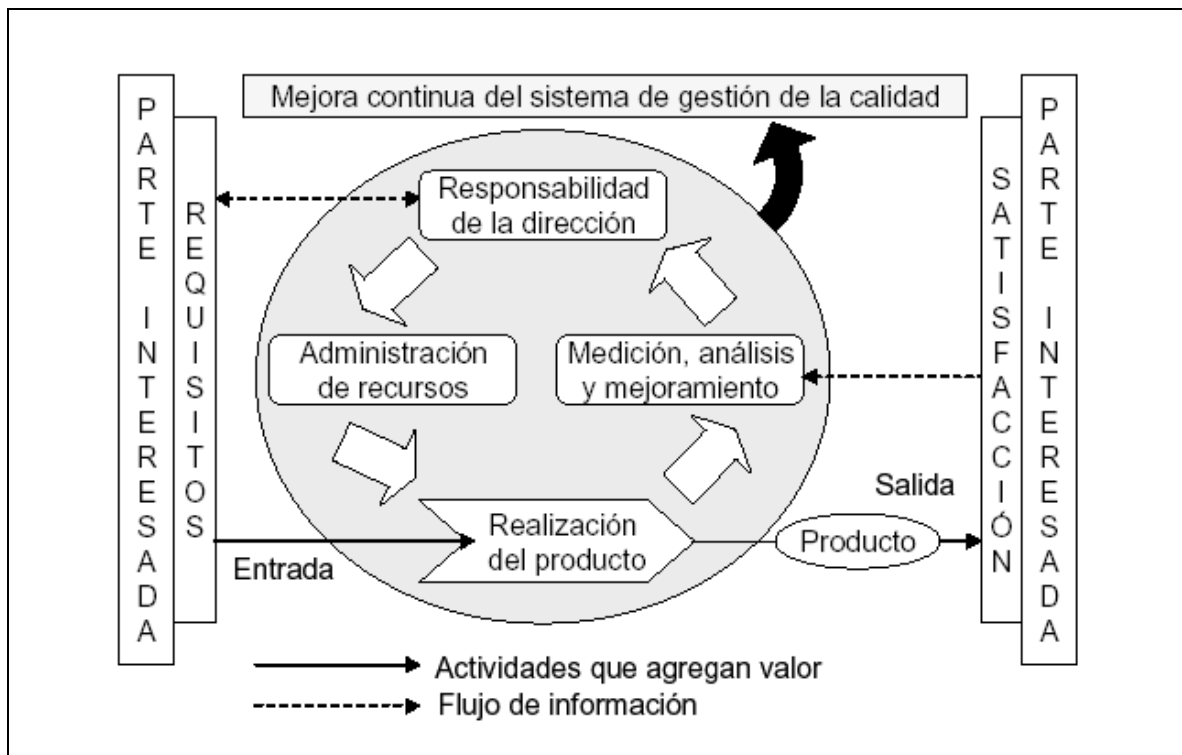


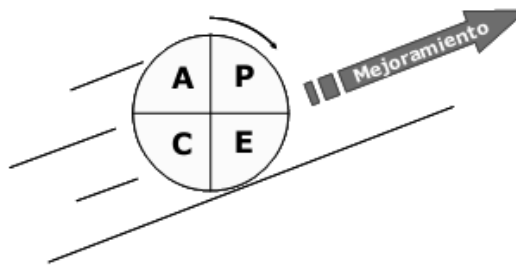
Figura 2-3: Modelo de Gestión de la Calidad basado en procesos.

Esta norma está fundamentada en ocho principios, el primero corresponde al **enfoque** que debe tener la organización, a saber el **cliente**. Esto implica comprender que ellos son lo más importante, y que por lo tanto deben conocer sus necesidades actuales y futuras, satisfacer sus requisitos y tratar de exceder sus expectativas.

El segundo principio es el **liderazgo** que debe ser una decisión estratégica de la organización. Esto involucra una participación activa de parte de la dirección, a través de enunciar políticas y objetivos de desempeño, entregar de los recursos necesarios para desarrollar los trabajos de calidad, y generar un ambiente propicio para que los trabajadores participen. Este último punto está íntimamente relacionado con el tercer principio, que corresponde a la **participación del personal** en los trabajos de calidad. Esto generará compromiso de parte de lo empleados ya que sentirán satisfacción por el trabajo realizado y orgullo por formar parte de la organización.

El cuarto principio fue enunciado anteriormente pues corresponde al **enfoque basado en procesos** que debe tener la organización. El quinto principio relacionado estrechamente con el cuarto es el de **enfoque de sistema para la gestión**. Esto significa que los procesos se deben gestionar, es decir, documentar y registrar según lo establezcan las actividades de calidad.

El sexto principio es el de **mejora continua**. La organización siempre tendrá un área en la cual mejorar. Para esto uno de los métodos más comunes corresponde al ciclo de Deming (fig. 2-4), que consta de cuatro etapas que se ilustran a continuación:



*Figura 2-4: Ciclo de Deming para el mejoramiento de procesos.*

Este método consiste en 1) *planificar el mejoramiento (P)*, a través de identificar el problema u oportunidad de mejora y desarrollar un plan para solucionarlo; 2) *ejecutar el plan (E)*, implementar la solución propuesta; 3) *chequeo de los resultados (C)*, se verifican los resultados obtenidos con la implementación del plan; 4) *acción (A)*, que corresponden a las decisiones que se toman luego de conocer los resultados. Una vez terminado el ciclo comienza de nuevo con otro proceso o en el caso de que no se alcancen los resultados esperados se realiza nuevamente con el proceso que se estaba analizando.

El séptimo principio indica que las **decisiones se toman basándose en el análisis de datos**. Para esto existen numerosos métodos estadísticos y herramientas que permiten una correcta evaluación de los datos existentes.

El octavo y último principio promueve una **relación de mutuo beneficio con los proveedores**. Fomenta una relación de largo plazo y un proveedor único para cada bien o servicio.

Parte importante de un sistema de gestión de la calidad, es la mejora continua de todos los procesos de la organización (como se ha indicado en los párrafos anteriores). Un nicho relevante son las no conformidades, que corresponden a actividades realizadas de forma inadecuada que traen como consecuencia un producto final que no cumple con las especificaciones exigidas (provocando mala calidad), siendo necesario repetirla, perdiendo tiempo y recursos. Al realizar un análisis de las no conformidades no solo se mejoraran los procesos de la organización, a través de distinguir los errores y oportunidades de mejora, sino que también disminuirán los costos asociados a la calidad.

La mejora continua de la calidad trae como consecuencia una disminución de los costos, pues hay menos reprocesos, equivocaciones y retrasos, a la vez que se utilizan mejor el tiempo – máquina y los materiales, provocando una mayor productividad y rentabilidad<sup>10</sup>.

## **2.4 Costos de la Mala Calidad**

El conocer, identificar y medir los costos de la calidad brindan una gran oportunidad a las empresas. Esto se ve reflejado en lo que expresó E. Deming, quien dijo que entre el 15% y el 40 % de los costos de producción de un producto o servicio se debe a errores o fallas. De la misma manera Juran sostiene que cerca del 40% de los recursos de las empresas se gasta en corregir problemas y productos que debieron hacerse bien a la primera. Sin embargo, el conocer y medir los costos de la calidad no es fácil pues al igual que con el concepto de calidad existen numerosas visiones. Algunos autores indican que estos se relacionan con los costos de lograr calidad, y por el contrario otros muestran que estos costos corresponden a los que se incurren al tener una baja calidad.

Una visión ampliamente aceptada es la propuesta por A. Feigenbaum<sup>11</sup>, quien resumió los costos de la calidad en cuatro grandes categorías: costos de prevención, costos de evaluación, costos por fallas internas y externas. Los dos primeros corresponden a costos de control, mientras que los otros dos a costos de fallas en el control, es decir, costos asociados con las consecuencias de no cumplir con los requisitos.

---

<sup>10</sup> Deming, 1989.

<sup>11</sup> Feigenbaum, 1986.



Los *costos de prevención* son aquellos que evitan que ocurran defectos o fallas. En esta categoría se consideran los costos por planeación de la calidad, por el control de procesos, por auditorías de calidad, por preparación e implementación de programas de entrenamiento relacionados con la calidad y otros. Diferentes estudios muestran que un aumento en las actividades de prevención disminuyen los costos de la calidad totales.

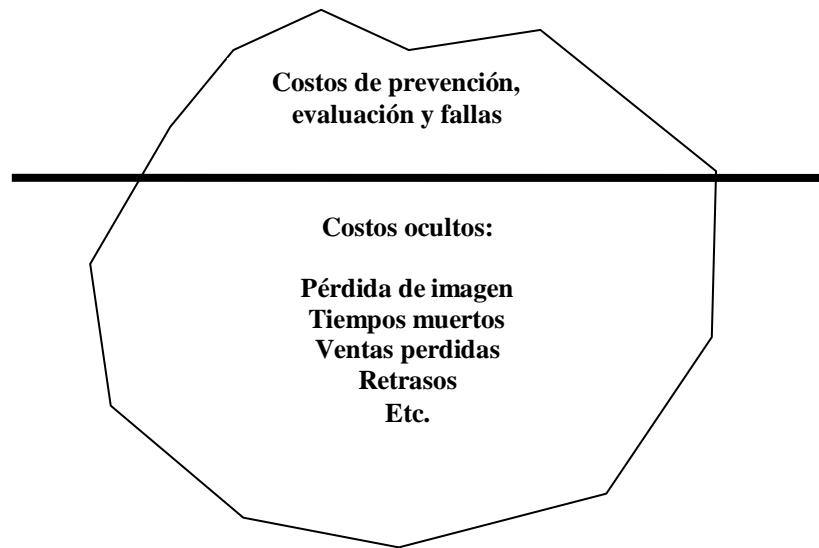
Los *costos de evaluación* corresponden a aquellos que mantienen los niveles de calidad de la organización. Esto se realiza a través de los costos de inspección y prueba, tanto de los materiales, procesos y productos terminados, también se consideran los costos de mantención de instrumentos y equipos entre otros.

Los *costos por fallas internas* se definen como pérdidas causadas por mala calidad (errores, no conformidades, etc.) antes de su entrega al cliente. Estos incluyen los costos por desperdicio, reelaboración, demoras y análisis de fallas entre otros.

Los *costos por fallas externas* se definen como las pérdidas por mala calidad (errores, no conformidades, etc.) después de su entrega al cliente. Estos consisten en costos por reemplazo o reparación de productos dentro del período de garantía, quejas, etc. Estos costos traen consigo otras consecuencias pues son detectados por el cliente provocando mala reputación o pérdidas de negocios futuros.

A pesar de lo amplia que pudiera parecer esta división sobre los costos de la mala calidad son tan solo una pequeña proporción de los costos reales. Esto se debe a la existencia de numerosos factores que se denominan *costos ocultos*. Entre los que se pueden considerar los costos por ventas perdidas, tiempos muertos, retrasos, pérdida de imagen, errores en la documentación, etc.

Los costos evidentes de la mala calidad son la punta del iceberg, como se ilustra en la siguiente figura (fig. 2-5):



*Figura 2-5: Los costos tradicionales de la mala calidad son tan solo la punta del iceberg de los costos reales de la mala calidad.*

Una vez que se conocen los costos asociados a la calidad es importante analizarlos para obtener el nivel óptimo de costo – calidad de un producto. Anteriormente se clasificaron los costos tradicionales en dos áreas, los asociados al control (costos de evaluación y prevención) y los asociados a la no conformidad de un producto (costos por fallas). El costo total de la calidad corresponde a la suma de estas dos áreas. Como resultado de la experiencia a medida que se incrementan los costos por prevención se disminuyen los costos debido a fallas o no conformidades de producto, llegando a un costo infinito en el 100% de conformidad, esto se puede apreciar en la figura 2-6.

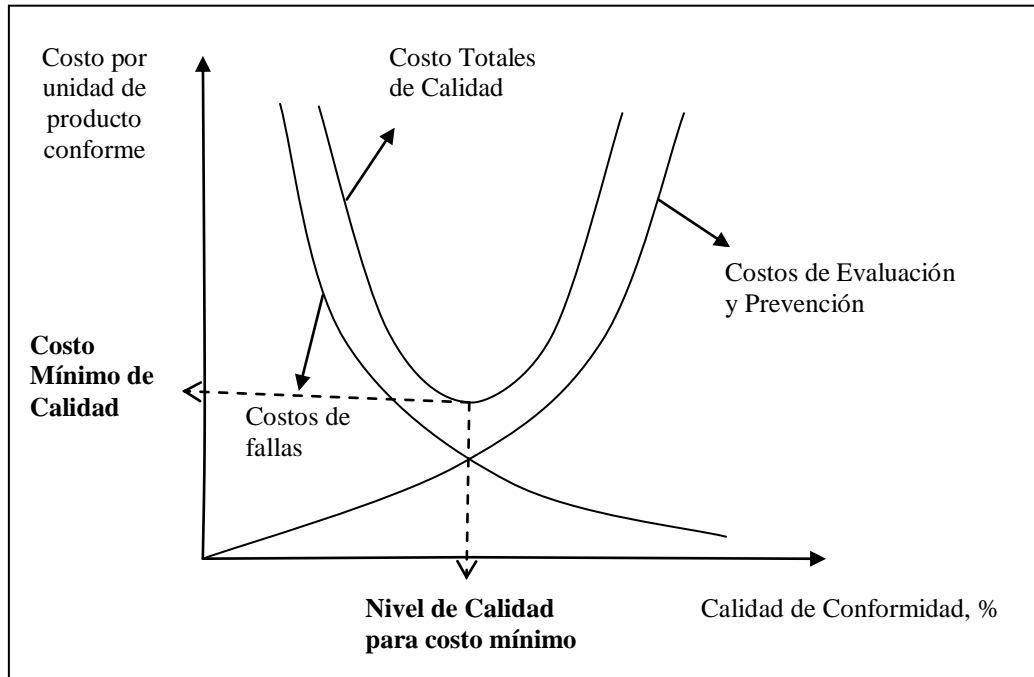
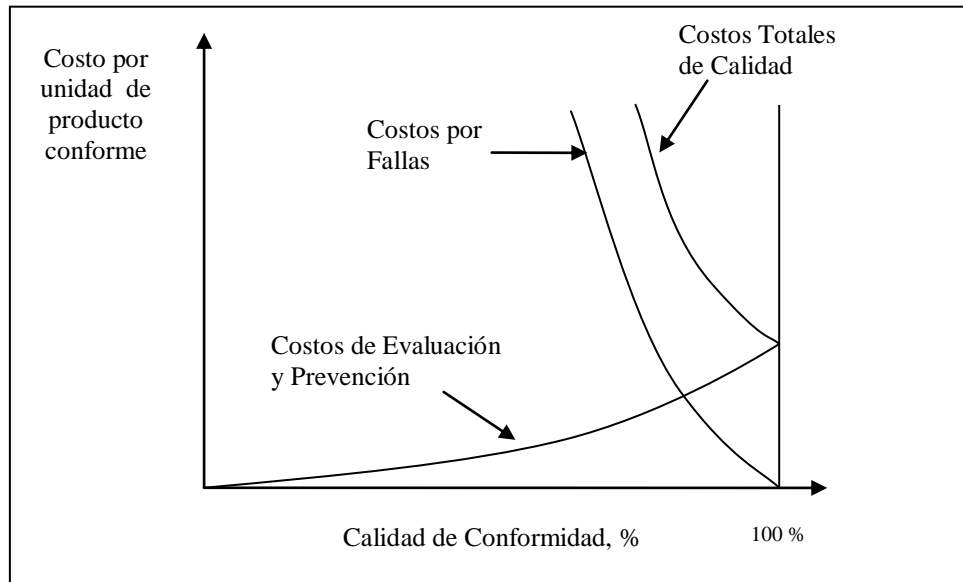


Figura 2-6: Modelo Clásico de Costo – Calidad de un producto.<sup>12</sup>

En este gráfico también se observa la existencia de un punto óptimo que permitirá a la empresa determinar el nivel de conformidad para el mínimo costo de calidad. Con esta información desarrollará planes de acción dependiendo de sus políticas y objetivos futuros.

Existe también otro modelo para analizar los costos de calidad, que nace gracias a la aplicación de nuevas tecnologías, entre ellas la robótica y la automatización, que permiten alcanzar el 100% de la calidad de conformidad, con costos finitos (fig. 2-7). Cuando esto ocurre, el nivel de costos sería el mínimo. Sin embargo conseguir el 100 % de calidad de conformidad no es el objetivo más económico en el corto plazo. A pesar de esto la tendencia actual del mercado es lograr el 100 %, lo que se puede observar en empresas cuyos bienes y servicios tienen un alto impacto en seguridad como la industria farmacéutica y aeronáutica.

<sup>12</sup> Ferrada, 2004.



*Figura 2-7: Modelo de Costo – Calidad de un producto.<sup>13</sup>*

Es importante que cada empresa busque su propio equilibrio de costos de calidad a fin de perfeccionar su sistema de control y elaborar así un conjunto de indicadores que le permitan visualizar y medir la mejora continua.

<sup>13</sup> Ferrada, 2004.

## **Capítulo 3 : Fundamentación del proyecto de mejora**

En este capítulo se darán a conocer las razones por las que se realiza esta memoria, se entregarán además algunos datos relevantes de la empresa y su sistema de gestión, entre estos las políticas de calidad. Se explicarán los objetivos del trabajo y la metodología utilizada para poder alcanzarlos.

### **3.1 La Empresa**

La empresa en donde se hará este estudio realiza trabajos de montaje industrial de gran tamaño, en áreas importantes para el país como energía, minería, forestal, etc.

La empresa goza de buen prestigio debido a las numerosas obras significativas que ha realizado. Ha desarrollado proyectos de gran nivel para mandantes como Cementos Bio-Bio, Indura S.A., CMPC Tissue S.A., Codelco, etc. Además en la actualidad se encuentra ejecutando diversos proyectos en el país, lo que refleja una amplia participación en el mercado chileno de la construcción.

Para lograr esto la empresa se ha preocupado constantemente de la calidad de sus trabajos. Con ese fin desarrolló un sistema de gestión de la calidad exitoso con el cual puede responder satisfactoriamente a los requisitos del cliente, y que también ha permitido mejorar los procesos productivos y de gestión. Por otro lado la dirección de la empresa ha comprendido lo importante que es el sistema de gestión de la calidad desarrollado, ha entregado los recursos necesarios para su implementación, y ha enunciado la política de calidad de la empresa, para que todos los trabajadores la conozcan y apliquen (anexo A).

Dentro de la política de calidad se destaca: brindar servicios de ingeniería, gestión, construcción y montaje de elevada calidad, contar con un sistema de gestión de la calidad eficiente para lograr la satisfacción de los requisitos y necesidades del cliente, la importancia de la participación y compromiso de los trabajadores, y el mejoramiento continuo de las áreas de la organización y de los procesos productivos.

En cada proyecto que la empresa realiza se debe elaborar un plan de calidad para garantizar su adecuado desarrollo y así cumplir con lo establecido en los documentos contractuales. En este plan se establecen las responsabilidades de cada trabajador, se fijan los objetivos del proyecto y se entregan las pautas principales para su ejecución. Dentro de esas pautas para la correcta ejecución del proyecto está la detección de hallazgos, no conformidades, acciones correctivas y preventivas, que apuntan a conseguir información sobre los procesos de construcción.

En esta investigación se utilizará la información proveniente de las no conformidades detectadas durante el año 2006, se analizarán y propondrán medidas correctivas para que estas no vuelvan a suceder. A continuación se explica la motivación de este trabajo así como sus objetivos y metodología aplicada.

### **3.2 Motivación**

Los sistemas de gestión de la calidad requieren que se midan, analicen y mejoren los procesos de la organización. Una forma de hacerlo corresponde al análisis de no conformidades, es decir, investigar las causas raíces de los problemas mas repetitivos o con un mayor impacto económico en los costos de la mala calidad, con el objetivo de eliminarlos y así lograr una mayor satisfacción con los clientes, ya sean internos o externos.

En vista de esto la primera razón por la que se realiza esta memoria corresponde a la necesidad de la empresa de mantener su sistema de gestión de la calidad activo, a través de la mejora continua tal como lo indica la norma ISO 9001.

Por otro lado la empresa ha detectado que los costos tradicionales de las no conformidades (NC) son elevados, lo que trae como consecuencia una disminución importante de las utilidades de la empresa. En la siguiente tabla (tabla 3-1) se exponen los costos producidos como consecuencia de las no conformidades.

Los valores que se observan en la tabla provienen del sistema que la empresa posee para evaluar los costos producidos por las no conformidades, las que se registran en el estatus de no

conformidades (ver figura 4-3) según el área o especialidad correspondiente. En el anexo B se puede observar con más detalle los costes de la especialidad civil.

Área	Costo (\$)	%	Cantidad de NC
Civil	39.299.847	29,0	192
Otros (Detalle)	36.858.754	27,2	103
Estructura	17.701.982	13,0	76
Suministros	13.015.072	9,6	26
Mecánica	6.911.525	5,1	65
Aislación	6.670.337	4,9	10
Eléctrica	5.282.128	3,9	31
Bodega	2.933.121	2,2	80
piping	2.872.948	2,1	51
Topografía	1.956.728	1,4	22
Of. Técnica	803.067	0,6	32
Andamios	422.017	0,3	1
Calidad	380.956	0,3	44
Terminaciones	269.469	0,2	7
Administración de Personal	263.761	0,2	22
Inst. y control	89.679	0,1	3
Adm Obra	0	0,0	19
<b>Total general</b>	<b>\$ 135.731.391</b>	<b>100</b>	<b>784</b>

Tabla 3-1: Costos tradicionales de NC por área.

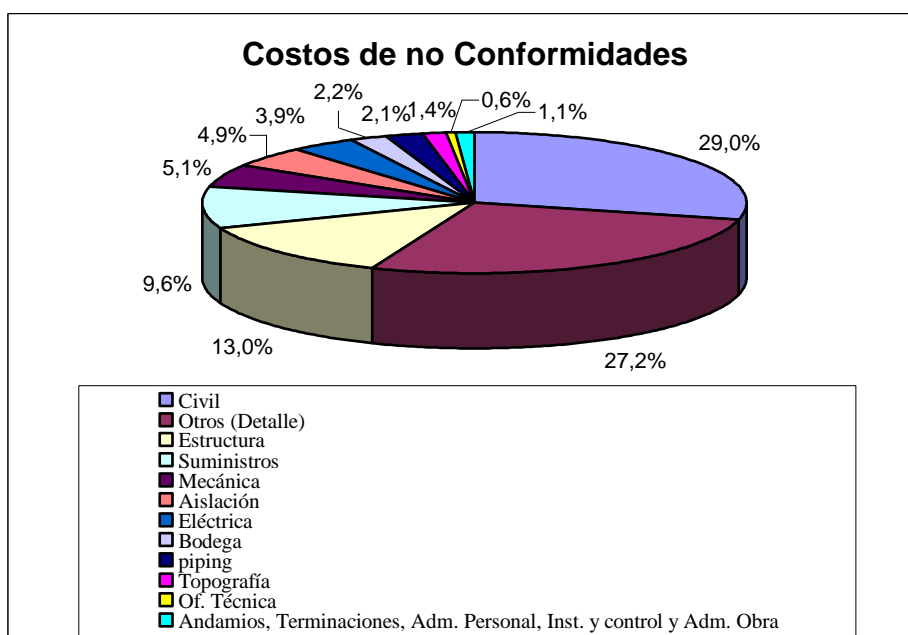


Figura 3-2: Gráfico de porcentaje de los costos tradicionales de NC por área.

Se observa además que los mayores costos por área se encuentran en la especialidad civil, llegando estos cerca del 30 % de los costos tradicionales totales.

Al revisar los datos recién expuestos se establece la segunda razón de esta memoria, la que corresponde a la necesidad de realizar una investigación causal de dichas No Conformidades, clasificarlas y generar un procedimiento que permita disminuirlas, eliminarlas y mejorar la gestión de calidad de manera cuantificable económicamente. Y así evitar la pérdida de utilidades debido a los altos costos de las no conformidades, en especial las que corresponden al área civil.

### **3.3 Objetivos**

Esta memoria tiene un objetivo principal, que esta enfocado a una mejora del sistema de gestión de la calidad existente, y tres objetivos específicos, los que están orientados al análisis de las no conformidades de manera tal de cumplir con el objetivo principal.

#### **3.3.1 Objetivo principal**

- Proponer mejoras al Sistema de Gestión de la Calidad de la empresa en estudio para que aporte directamente a los resultados de las Obras.

#### **3.3.2 Objetivos específicos**

- Analizar las No Conformidades presentadas en obras de montaje industrial, distinguir sus causas raíces y priorizar los más críticos de ser tratados y/o mejorados.
- Elaborar un documento que estandarice los futuros proyectos de mejoras a partir del análisis de las No Conformidades.
- Realizar un análisis del costo de las No Conformidades.



### 3.4 Metodología

La metodología se dividirá en dos grandes etapas, la primera será un análisis de las No Conformidades identificando con criterios económicos y de frecuencia de ocurrencia las principales causas de origen, y la segunda será corresponderá a evaluar y definir implementaciones de planes de acción que mejoren la gestión de la calidad existente.

A continuación se presentan cada una de las tareas que se realizaran en este trabajo, con el fin de cumplir con los objetivos establecidos en el punto anterior:

- Se fundamentará el proyecto de mejora, indicando cuales serán las variables a estudiar y como definir las prioridades para definir mejoras.
- Se definirán los objetivos específicos e indicadores que permitan medir e implementar el proyecto de mejora con lo existente en la organización.
- Se realizará un análisis de los procesos y subprocesos relacionados con las No Conformidades de la especialidad elegidas según prioridad.
- Se identificarán y analizarán las causas reales asociadas a las No Conformidades de los procesos, que se detallaron en el punto anterior. Se realizará a través de métodos control estadístico de la calidad y de herramientas para la gestión de la calidad.
- Se recopilarán aportes y experiencias al interior de la organización para eliminar las causas varias de las No Conformidades estudiadas.
- Se definirán planes de trabajo a través de generar propuestas con acciones correctivas, preventivas y estándares a controlar, con el objetivo de mejorar la calidad del producto.
- Se documentará la solución para estandarizar el mejoramiento continuo de los procesos y subprocesos relacionados con la especialidad requerida.

- Se realizará un análisis económico de las no conformidades, para esto se estudiarán tres situaciones, la primera es estudiar el costo de una NC detectada durante la ejecución del proyecto y reparada inmediatamente, la segunda corresponde al costo de una NC detectada durante la ejecución del proyecto pero reparada posteriormente, y finalmente se analizará el costo de una NC detectada después de la ejecución del proyecto, es decir, durante la puesta en marcha.

Con este estudio se pretende documentar una solución que permita estandarizar los procesos de calidad de construcción, a través de disminuir y/o eliminar las No Conformidades, con lo que se logrará una mejora en la calidad del producto, en la imagen de la organización, en los resultados económicos y en la productividad. Por otro lado esto también mejorará el ambiente de trabajo, disminuirá los problemas y favorecerá el trabajo en equipo para el logro de objetivos.

## **Capítulo 4 : Identificación de los principales problemas de la organización**

En este capítulo se analizan las no conformidades de una empresa constructora específica con el fin de detectar los principales problemas que la afectan. Para esto se muestra la metodología o procedimiento que esta posee para detectar, analizar y mejorar las fallas que surgen en terreno en cada una de las obras que se encuentran ejecutando. Se definirá el criterio con el cual se identifican las principales deficiencias, y se realizará un diagrama de Pareto para encontrarlas. Por otro lado, se elaborará una nueva clasificación de las no conformidades existentes, distinta a la que posee la empresa, para señalar las dificultades que ocurren durante la ejecución de los procesos y subprocesos civiles.

### **4.1 Detección de No Conformidades**

La empresa dentro de su sistema de gestión de la calidad cuenta con una metodología para detectar y analizar las posibles fallas que se presenten durante la ejecución de un proyecto, con el objetivo de eliminar las fallas recurrentes, a través de un análisis causal y de la elaboración de planes de acción. Un segundo objetivo es el de proporcionar los antecedentes necesarios para un estudio posterior. También entregará información valiosa con respecto a los costos incurridos para solucionar los problemas que surgen en la construcción.

A continuación se explican algunos elementos claves del procedimiento existente para la detección y análisis de no conformidades.

Cada trabajador dentro de la obra tiene la responsabilidad de detectar hallazgos. Estos se han clasificado en cuatro categorías o clases: acción preventiva y no conformidad en el caso de prácticas o condiciones inapropiadas, y requerimiento de información al cliente y modificación de obra para problemas de información con respecto a las obras a realizar.

De acuerdo con lo anterior los trabajadores pueden detectar distintos tipos de hallazgos que deben ser informados de inmediato a su jefe directo, quien procederá a documentarlos en el formulario

de Detección de Hallazgo (fig. 4-2), en el cual se debe hacer una descripción detallada del mismo. El registro se envía al jefe de calidad de la obra quien lo evalúa y determina si es una acción preventiva o una no conformidad, en caso de tratarse de un requerimiento de información al cliente o de una modificación de obra el registro se envía al jefe de oficina técnica.

Cuando el hallazgo se trata de una no conformidad el procedimiento es el que sigue: el jefe de calidad de la obra ingresa la no conformidad al estatus de No Conformidad Registrada, NCR, (fig. 4-3) especificando claramente la información requerida por el sistema, y clasificándola de acuerdo a criterios establecidos. Luego informa a los responsables involucrados, para que ellos realicen el análisis de causas, propongan acciones correctivas o preventivas, y valoricen las pérdidas.

A continuación el jefe de calidad junto con las personas involucradas elabora el plan de acción para la corrección o prevención de la ocurrencia de la no conformidad, el que es presentado al administrador de la obra para que apruebe los medios y recursos para su aplicación. Finalmente el jefe de calidad debe realizar un seguimiento de las distintas no conformidades existentes, para verificar el cumplimiento del plan de acción dentro de las fechas comprometidas y asegurar que el plan implementado tuvo el efecto esperado. Una vez que todo esto se ha realizado se procede a cerrar la no conformidad.

A continuación se presenta un diagrama de flujo con el procedimiento de detección de no conformidades (fig. 4-1):

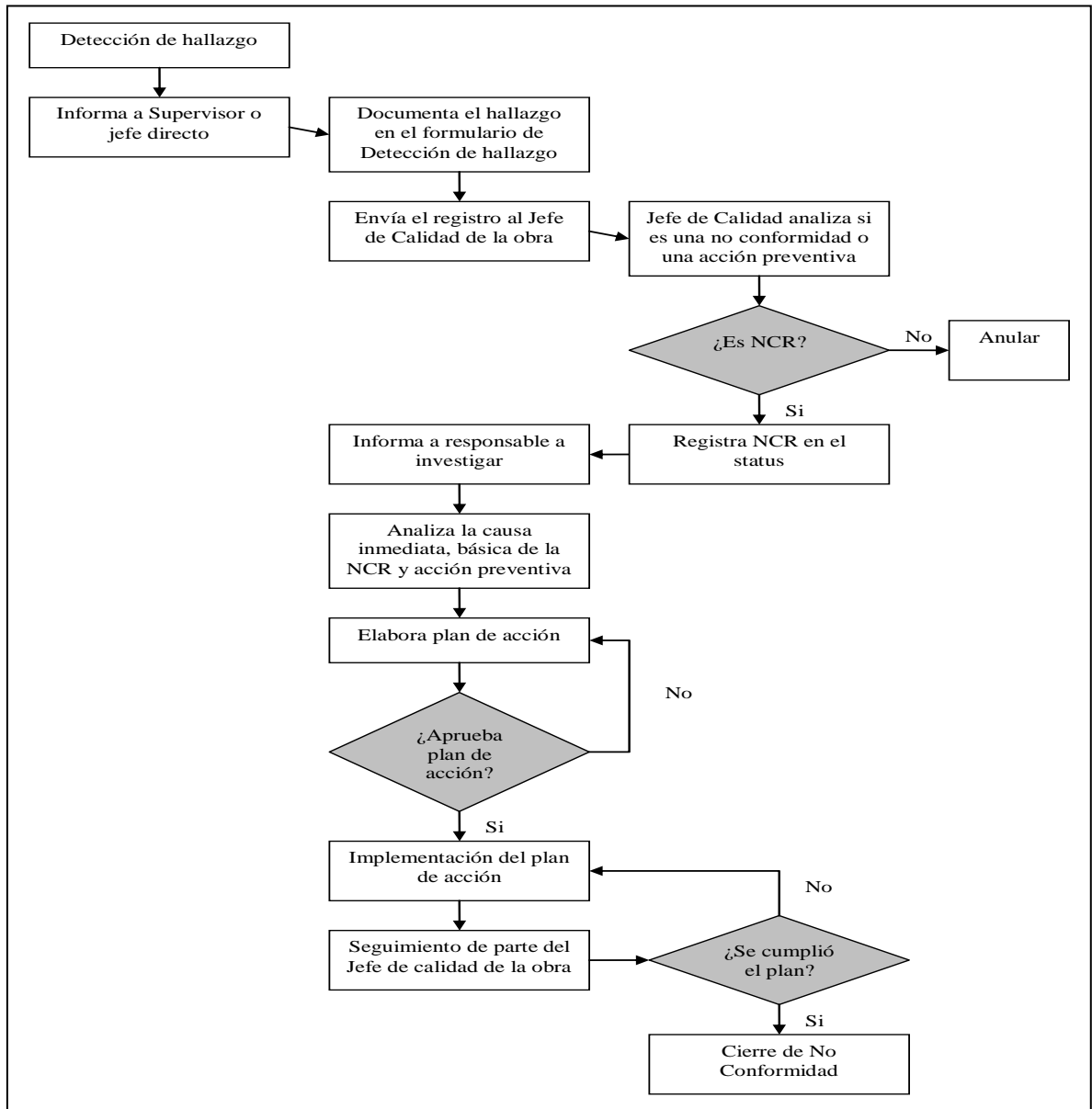


Figura 4-1: Flujograma de detección de No Conformidades.

		<b>DETECCIÓN DE HALLAZGO</b>		Acción Preventiva	<input type="checkbox"/>			
				NCR	<input type="checkbox"/>			
				RD/RFI	<input type="checkbox"/>			
				Modificación Obra	<input type="checkbox"/>			
				Idea de Mejora	<input type="checkbox"/>			
Obra		Nombre detector		<b>Nº</b>				
Area		Cargo						
Fecha		Calidad <input type="checkbox"/>	Seguridad <input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PLANO Nº		ESPECIALIDAD						
<b>DESCRIPCIÓN HALLAZGO</b>								
<b>CORRECCIÓN TÉCNICA</b>				<b>RECURSOS UTILIZADOS</b>				
				MANO DE OBRA	<input type="checkbox"/>	_____		
				EQUIPOS	<input type="checkbox"/>	_____		
				MATERIALES	<input type="checkbox"/>	_____		
				OTROS	<input type="checkbox"/>	_____		
FIRMA AUTORIZA CORRECCIÓN			Procede <input type="checkbox"/> No Procede <input type="checkbox"/>					
VALORIZACIÓN DE NCR (ADJUNTAR DETALLE DE PRECIOS UNITARIOS)								
CLASIFICACIÓN ( Completar puntos 1,2,3)								
1. GENERAL	PRODUCTO <input type="checkbox"/>	SISTEMA <input type="checkbox"/>	AUDITORÍA <input type="checkbox"/>	3.- TIPO DE COBRO				
2. TIPO	Interna <input type="radio"/>	Interna <input type="radio"/>	Interna <input type="radio"/>	Adicional	<input type="checkbox"/>	Otros <input type="checkbox"/>		
	Externa <input type="radio"/>	Externa <input type="radio"/>	Externa <input type="radio"/>	Proveedor	<input type="checkbox"/>			
	Proveedor <input type="radio"/>	Proveedor <input type="radio"/>	Proveedor <input type="radio"/>	Subcontrato	<input type="checkbox"/>			
	Subcontrato <input type="radio"/>	Subcontrato <input type="radio"/>	Subcontrato <input type="radio"/>	Costo Interno	<input type="checkbox"/>			
	Cliente <input type="radio"/>	Cliente <input type="radio"/>	Cliente <input type="radio"/>					
ANÁLISIS DE CAUSA		RESPONSABLE		FECHA COMPROMISO				
CAUSA INMEDIATA								
CAUSA BÁSICA								
<b>PLAN DE ACCIÓN</b>								
Actividad		Responsable			Fecha			
EVALUACIÓN DE ACCIONES TOMADAS		COSTO DE ACCIONES TOMADAS		CIERRE DE NCR				
				Nombre				
				Fecha				
				Firma				

Figura 4-2: Formulario de Detección de Hallazgo.



El estatus de no conformidades del proyecto corresponde a una planilla excel, en la cual se describen detalladamente las no conformidades, sus causas inmediatas y básicas, junto con las acciones correctivas aplicadas tanto para solucionar el problema como para la eliminación de las causas correspondientes. Esta planilla se debe completar utilizando una serie de códigos establecidos por la organización, con el propósito de ordenar y clasificar las no conformidades y sus causas, y así distinguir los puntos más críticos durante la ejecución de las distintas obras.

De izquierda a derecha la planilla o estatus de no conformidades (ver figura 4-3) contiene las siguientes columnas:

- 1) N° : Numeración de la no conformidad.
- 2) Mes: Mes en que ocurrió la no conformidad.
- 3) Fecha de emisión: Fecha de generación de la no conformidad.
- 4) Área: Área responsable de la no conformidad (tabla 4-1a).
- 5) Clasificación general: Clasificación de no conformidad debido a producto, sistema o auditoria.
- 6) Clasificación por tipo: Clasificación de no conformidad según quien la detecta, trabajadores internos o externos o a través de una auditoria.
- 7) Clasificación específica: Clasificación de no conformidad según quien la detecta, proveedores, subcontratos, cliente, auditoria interna o externa.
- 8) Descripción de NCR: Descripción de la no conformidad.
- 9) Descripción de la corrección: Corrección aplicada para solucionar el problema que originó la no conformidad.
- 10) Causa inmediata: Causa inmediata de la no conformidad asociada a prácticas, actos o condiciones subestándares (tabla 4-1b).
- 11) Acción correctiva causa inmediata: Descripción de la corrección realizada.
- 12) Causa básica: Causa básica de la no conformidad asociada a factores personales y de trabajo (tabla 4-1c).
- 13) Acción correctiva causa inmediata: Descripción de la corrección realizada.
- 14) Estado: Estado de la no conformidad, abierta o cerrada.



- 15) Fecha de cierre: Fecha de cierre de la no conformidad.  
 16) Costo de la no conformidad: Costo de la no conformidad.

Hay tres clasificaciones que son de importancia para este trabajo, la primera corresponde la separación por áreas (punto 4), la segunda a la de causa inmediata (punto 10), y la tercera a la de causa básica (punto 12), en esta memoria las clasificaciones determinadas por los puntos 5, 6, y 7 del listado anterior no se utilizarán, ya que estas proveen información fuera del alcance de este estudio.

La clasificación por áreas establece cuales son las especialidades que la empresa realiza en los distintos proyectos que ejecuta, en la tabla 4-1a se indican dichas especialidades.

La categorización debido a las causas inmediatas está asociada a prácticas, actos o condiciones subestándares (tabla 4-1b). La clasificación de las causas básicas está ligada a factores personales y de trabajo (tabla 4-1c). Ambas se encuentran a su vez subdivididas de la siguiente forma: administrador de obra, oficina técnica, bodega, administración y recursos humanos, calidad, mantenimiento y terreno. Estas tienen distintas causas inmediatas y básicas, a continuación se exponen las más importantes para este estudio, a saber, oficina técnica, calidad y terreno.

<b>Clasificación por Áreas</b>	
a1	Adm de Obra
a2	Oficina Técnica
a3	Adm. Personal
a4	Calidad
a5	Bodega
a6	Topografía
a7	Civil
a8	Estructura
a9	Eléctrica
a10	Climatización
a11	Piping
a12	Mecánica
a13	Instrumentación y Control
a14	Sanitarias
a15	Terminaciones
a16	Suministros
a17	Otros (detalle)

*Tabla 4-1a: Códigos por área.*

<b>ÁREA</b>	<b>CAUSAS INMEDIATAS</b>
<b>OFICINA TÉCNICA</b>	<p><b>Prácticas/Actos Subestándares</b></p> <p>OT1 No seguir procedimientos OT2 Mala ejecución de la actividad</p> <p><b>Condiciones Subestándares</b></p> <p>OT3 Desorden OT4 Error en propuesta OT5 Desorden de documentos/mal llenado de registros OT6 Mala interpretación de planos OT7 Falta de personal/cantidad de personal inadecuado OT8 Mala planificación de personal/subcontratos OT9 Entrega de información inadecuada OT10 Error de cubicación OT11 Proveedor no cumple con entrega programada OT12 Mala planificación de actividades/coordinación inadecuada OT13 Control de documentación inadecuada</p>
<b>CALIDAD</b>	<p><b>Prácticas/Actos Subestándares</b></p> <p>C1 No seguir procedimientos C2 Mala ejecución de la actividad</p> <p><b>Condiciones Subestándares</b></p> <p>C3 Desorden C4 Desorden de documentos/mal llenado de registros C5 Falta de personal/cantidad de personal inadecuado C6 Entrega de información inadecuada C7 Mala planificación de actividades/coordinación inadecuada C8 Control de documentación inadecuada C9 Falta implementación de Sistema</p>
<b>TERRENO</b>	<p><b>Prácticas/Actos Subestándares</b></p> <p>T1 Uso inadecuado de equipo T2 No seguir procedimientos T3 Mala ejecución de la actividad</p> <p><b>Condiciones Subestándares</b></p> <p>T4 Material defectuoso/inadecuado T5 Desorden de documentos/mal llenado de registros T6 Mala planificación de personal/subcontratos T7 Entrega de información inadecuada T8 Infraestructura, instalación inadecuada T9 Error de cubicación T10 Proveedor no cumple con entrega programada T11 Mala planificación de actividades/coordinación inadecuada T12 Control de documentación inadecuada T13 Mala interpretación de planos T14 Error topográfico</p>

*Tabla 4-1b: Códigos para causa inmediata.*

ÁREA	CAUSAS BÁSICAS
<b>OFICINA TÉCNICA</b>	<p><b>Factores personales</b></p> <p>OT1 Falta de capacitación  OT2 Falta de experiencia  OT3 Intento inapropiado de ahorrar tiempo y esfuerzo</p> <p><b>Factores de trabajo</b></p> <p>OT4 Definición de responsabilidades poco clara  OT5 Procedimiento/instructivo inadecuado  OT6 Programa o planificación inadecuada de trabajar  OT7 Instrucción poco clara  OT8 Asignación inadecuada al trabajador ( no tiene competencias)  OT9 Deficiencia Proyecto - Diseño  OT10 Especificaciones poco claras/inadecuadas  OT11 Selección inadecuada de contratistas/proveedores  OT12 Proveedor no tiene capacidad para cumplir con lo comprometido  OT13 Planificación de equipos inadecuada  OT14 Comunicación inadecuada  OT15 Sistema de control de documentos inadecuado</p>
<b>CALIDAD</b>	<p><b>Factores personales</b></p> <p>C1 Falta de capacitación  C2 Falta de experiencia  C3 Intento inapropiado de ahorrar tiempo y esfuerzo</p> <p><b>Factores de trabajo</b></p> <p>C4 Definición de responsabilidades poco clara  C5 Procedimiento/instructivo inadecuado  C6 Programa o planificación inadecuada de trabajar  C7 Instrucción poco clara  C8 Comunicación inadecuada  C9 Falta de supervisión  C10 Sistema de control de documentos inadecuado</p>
<b>TERRENO</b>	<p><b>Factores personales</b></p> <p>T1 Falta de capacitación  T2 Falta de experiencia  T3 Intento inapropiado de ahorrar tiempo y esfuerzo</p> <p><b>Factores de trabajo</b></p> <p>T4 Definición de responsabilidades poco clara  T5 Procedimiento/instructivo inadecuado  T6 Programa o planificación inadecuada  T7 Instrucción poco clara  T8 Falta de supervisión  T9 Especificaciones poco claras/inadecuadas  T10 Inspección de recepción deficiente  T11 Selección inadecuada de contratistas/proveedores  T12 Mantenimiento inadecuado  T13 Equipo / herramienta inadecuado defectuoso  T14 Comunicación inadecuada  T15 Sistema de control de documentos inadecuado</p>

*Tabla 4-1c: Códigos para causa básica.*

Con lo explicado anteriormente cada proyecto detecta sus propias no conformidades, las clasifica, para poder distinguir las principales falencias existentes, y toma medidas correctivas para solucionarlas. Sin embargo, el sistema de gestión impuesto en la organización va más allá de solo concentrarse en cada obra en particular, pues exige que los jefes de calidad de cada obra envíen mensualmente el estatus de no conformidades al jefe de calidad corporativo, quien las consolida y a través del análisis de la estadística detecta los problemas más relevantes en la organización y a partir de allí elabora planes de acción generales y específicos para corregir estas deficiencias.

Uno de los planes de acción específico corresponde al análisis de no conformidades del área civil, pues es la que concentra los mayores costos asociados (Capítulo 3) y es la motivación de esta investigación.

El análisis que se realizará a continuación considera las no conformidades generadas desde enero a diciembre del año 2006, y son obtenidos de doce proyectos de la empresa. Es de interés indicar que las obras mencionadas anteriormente tienen gran diversidad, pues corresponden a proyectos del área eléctrica, minera, celulosa, papel y aserraderos, y plantas industriales entre otras.

## **4.2 Análisis de no conformidades civiles**

Para el análisis de las no conformidades existentes durante el año 2006 en los proyectos mencionados en el subtema anterior, se consideraron dos criterios principales, el de frecuencia y el de costo. Con el primero se pretenden encontrar las fallas más repetitivas en los procesos de construcción de la organización, y con el segundo los que tienen una mayor repercusión económica, debido a tener costos más elevados. Ambos criterios tienen como objetivo principal discriminar los aspectos más críticos de las no conformidades, para que luego se estudien y propongan medidas que los solucionen.

El estatus de no conformidades consolidado que sirve de base para esta investigación fue filtrado, con el objetivo de obtener solo las no conformidades del área civil. Con esta nueva matriz (anexo B) que contiene solo la especialidad en estudio se elaboraron los diagramas de pareto correspondientes a las causas inmediatas y básicas, con los dos criterios descritos en el párrafo anterior. Dentro de esta matriz existen algunas no conformidades sin su correspondiente

clasificación de causas, ya sea inmediata o básica. Por lo tanto se procedió a agrupar dichas no conformidades bajo la categoría vacías y luego se elaboraron los diagramas de pareto correspondientes. Los resultados se muestran a continuación.

**a) Causa Inmediata**

<b>Código</b>	<b>Causa Inmediata</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Frecuencia Acumulada</b>	<b>Costo</b>
T3	Mala ejecución de la actividad	68	68	\$ 16.212.572
T11	Mala planificación de actividades/coordinación inadecuada	23	91	\$ 4.088.492
T2	No seguir procedimientos	20	111	\$ 3.903.864
Vacias		18	129	\$ 2.430.166
T14	Error topografico	9	138	\$ 573.512
T1	Uso inadecuado de equipo	7	145	\$ 797.925
T6	Mala planificación de personal/subcontratos	5	150	\$ 474.058
T7	Entrega de información inadecuada	5	155	\$ 546.045
T4	Material defectuoso/inadecuado	5	160	\$ 48.957
T10	Proveedor no cumple con entrega programada	5	165	\$ 1.634.722
T8	Infraestructura, instalación inadecuada	4	169	\$ 973.426
T12	Control de documentación inadecuada	4	173	\$ 50.000
OT9	Entrega de información inadecuada	3	176	\$ 1.735.162
B11	Proveedor no cumple con entrega programada	3	179	\$ 100.000
C1	No seguir procedimientos	2	181	\$ 0
C8	Control de documentación inadecuada	2	183	\$ 0
T13	Mala interpretación de planos	2	185	\$ 1.590.530
B1	Almacenamiento inadecuado	1	186	\$ 0
B3	No seguir procedimientos	1	187	\$ 18.200
C2	Mala ejecución de la actividad	1	188	\$ 2.186.600
C7	Mala planificación de actividades/coordinación inadecuada	1	189	\$ 0
OT12	Mala planificación de actividades/coordinación inadecuada	1	190	\$ 1.935.626
T5	Desorden de documentos/mal llenado de registros	1	191	\$ 0
T9	Error de cubicación	1	192	\$ 0

*Tabla 4-2: Frecuencia y costo de las causas inmediatas*

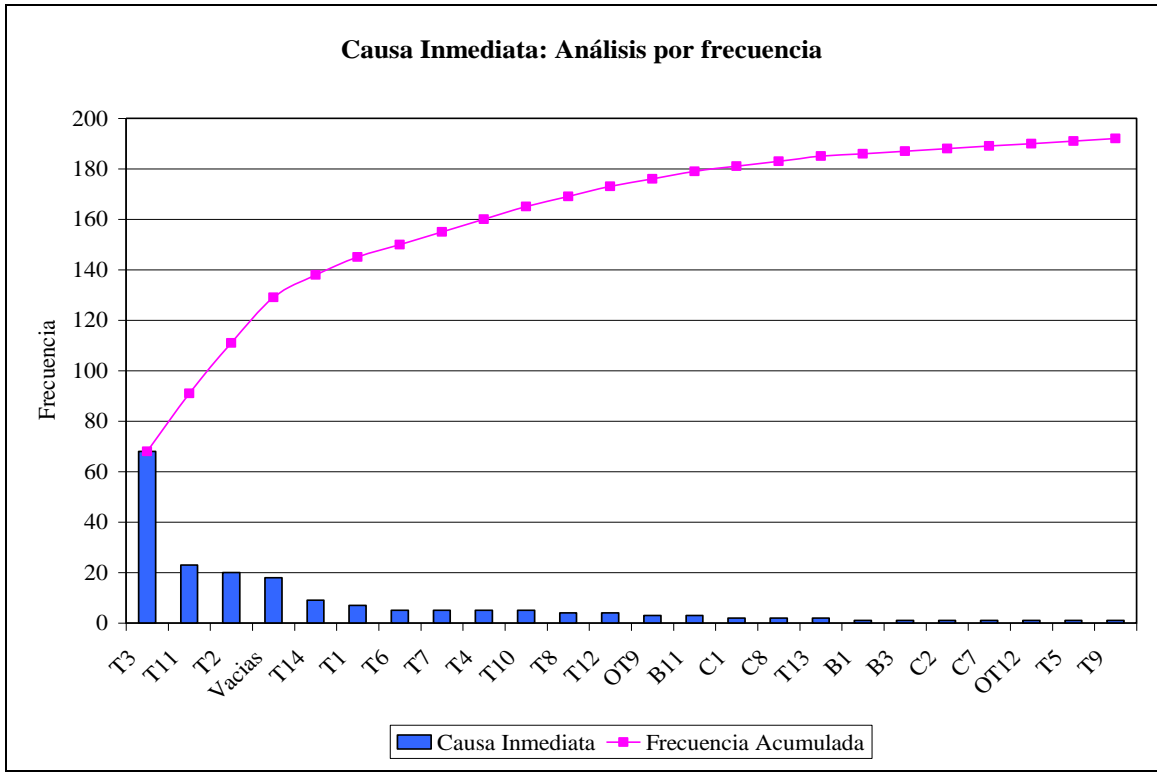


Figura 4-4: Diagrama de pareto de causas inmediatas, análisis por frecuencia.

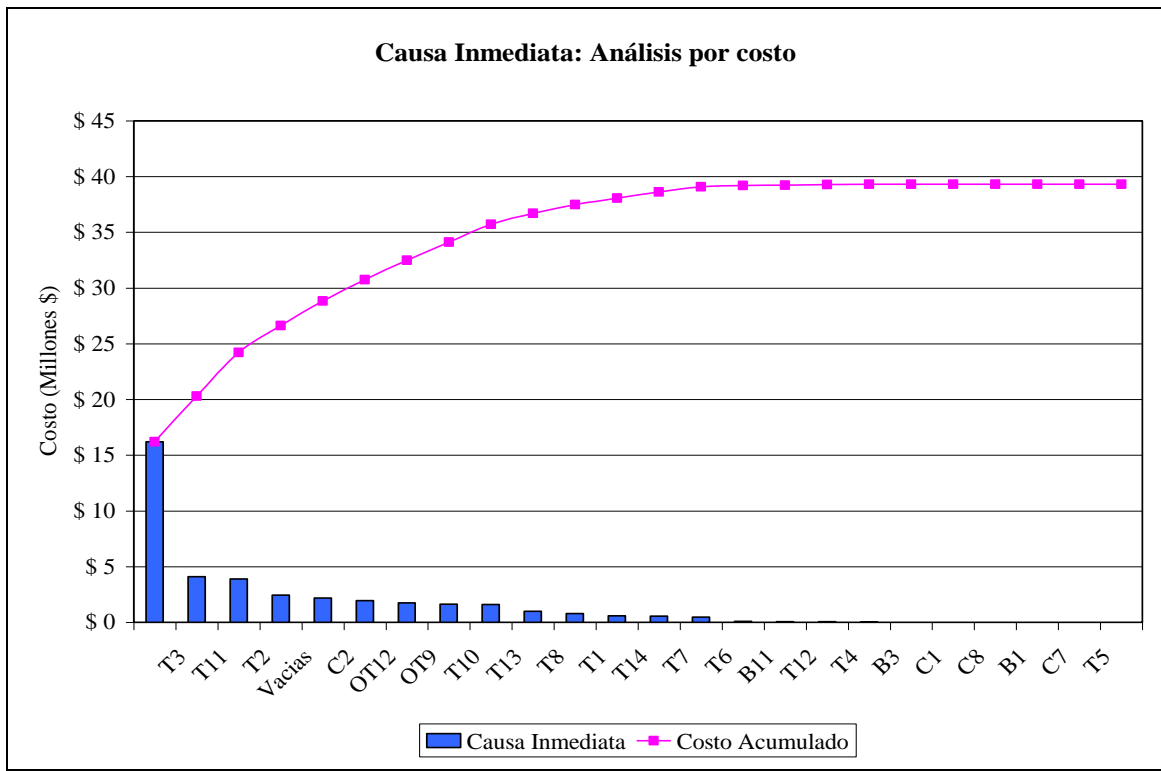


Figura 4-5: Diagrama de pareto de causas inmediatas, análisis por costo.

**b) Causa Inmediata**

Código	Causa Básica	Frecuencia	Frecuencia Acumulada	Costo
T3	Intento inapropiado de ahorrar tiempo y esfuerzo	53	53	\$ 10.013.782
T8	Falta de supervisión	25	78	\$ 2.637.663
Vacias		22	100	\$ 2.480.166
T6	Programa o planificación inadecuada	19	119	\$ 659.768
T10	Inspección de recepción deficiente	14	133	\$ 4.675.383
T14	Comunicación inadecuada	9	142	\$ 847.244
T7	Instrucción poco clara	6	148	\$ 121.856
T11	Selección inadecuada de contratistas/proveedores	6	154	\$ 9.721.884
T1	Falta de capacitación	5	159	\$ 408.097
T15	Sistema de control de documentos inadecuado	5	164	\$ 0
T2	Falta de experiencia	4	168	\$ 406.673
C6	Programa o planificación inadecuada de trabajar	4	172	\$ 2.186.600
B3	Intento inapropiado de ahorrar tiempo y esfuerzo	3	175	\$ 118.200
T5	Procedimiento/instructivo inadecuado	2	177	\$ 66.000
T9	Especificaciones poco claras/inadecuadas	2	179	\$ 781.166
AD6	Programa o planificación inadecuada	1	180	\$ 458.750
B9	Manejo inadecuado de materiales	1	181	\$ 0
B11	Transporte inadecuado de materiales del proveedor	1	182	\$ 0
C8	Comunicación inadecuada	1	183	\$ 0
C10	Sistema de control de documentos inadecuado	1	184	\$ 0
OT3	Intento inapropiado de ahorrar tiempo y esfuerzo	1	185	\$ 354.312
OT9	Entrega de información inadecuada	1	186	\$ 47.784
OT10	Especificaciones poco claras/inadecuadas	1	187	\$ 1.333.066
OT12	Proveedor no tiene capacidad para cumplir con lo comprometido	1	188	\$ 1.935.626
T4	Definición de responsabilidades poco clara	1	189	\$ 0
T12	Mantenimiento inadecuado	1	190	\$ 0
T13	Equipo / herramienta inadecuado defectuoso	1	191	\$ 12.172
G1	Falta de capacitación	1	192	\$ 33.655

*Tabla 4-3: Frecuencia y costo de las causas básicas.*



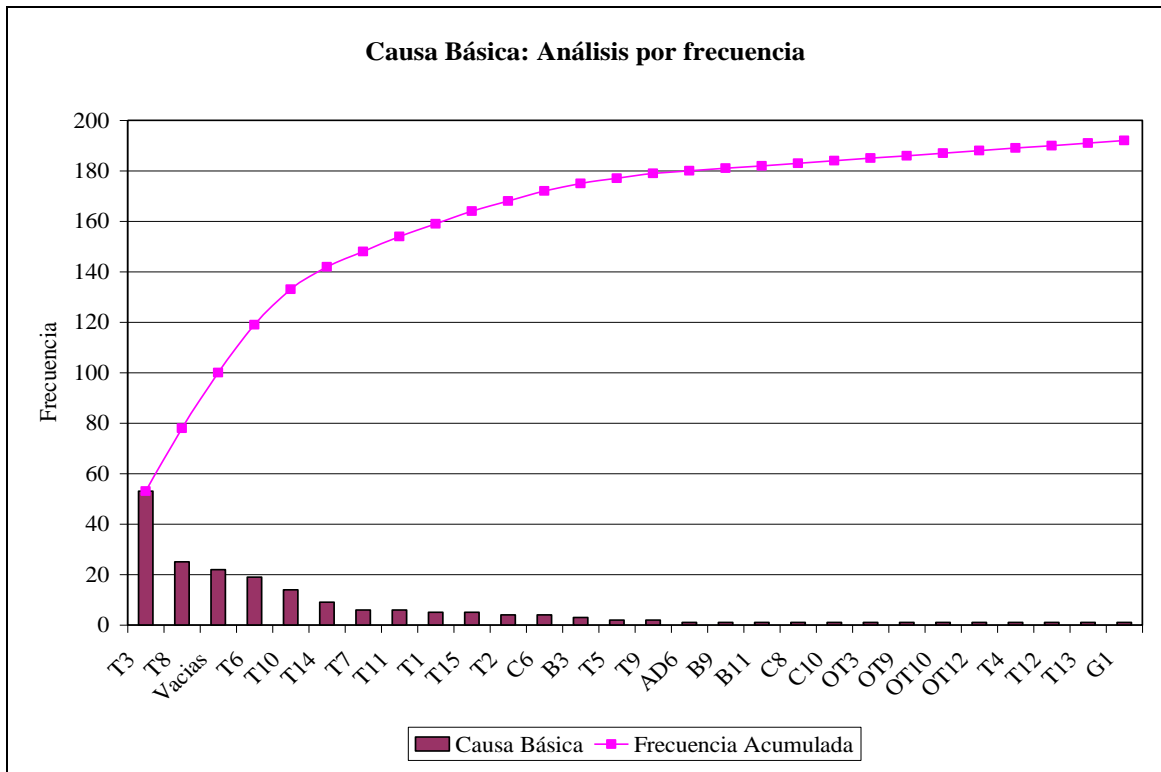


Figura 4-6: Diagrama de pareto de causas básicas, análisis por frecuencia.

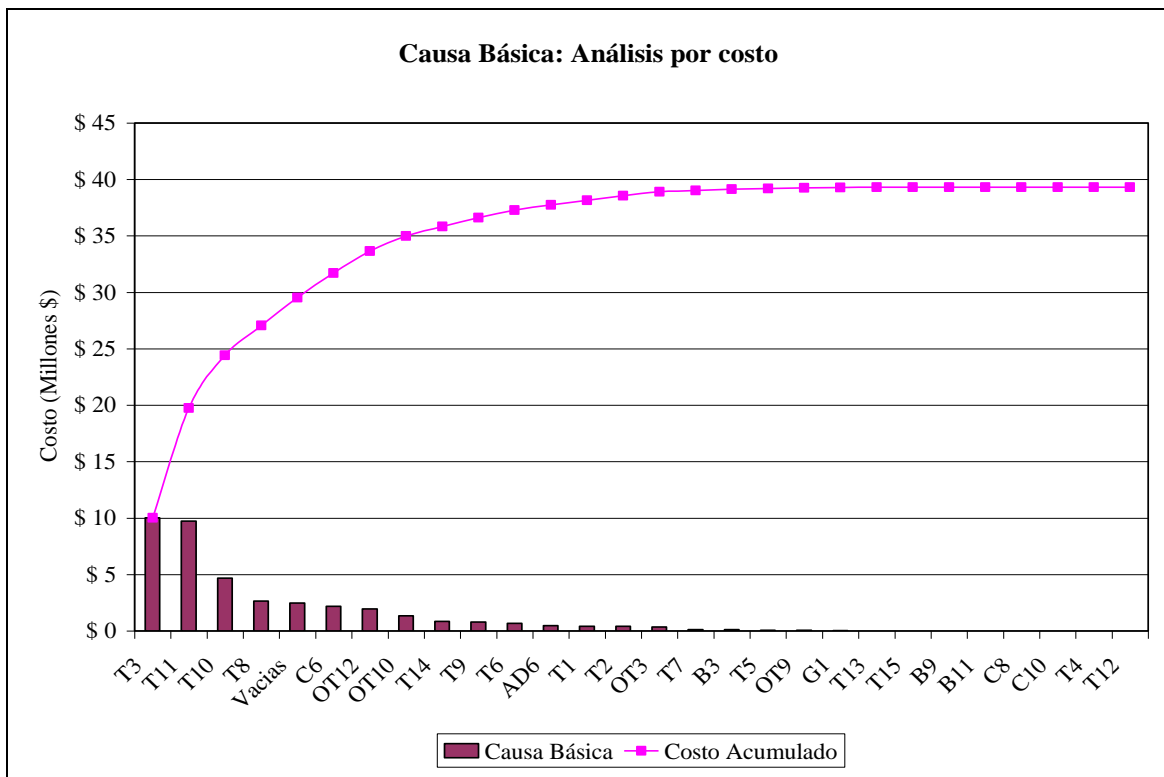


Figura 4-7: Diagrama de pareto de causas inmediatas, análisis por costo.

### 4.3 Análisis de no conformidades según partidas

En el análisis realizado en el subtema anterior se consideró la categorización existente en la empresa para determinar las principales causas inmediatas y básicas de las no conformidades, sin embargo esta clasificación no permite distinguir los procesos o subprocesos civiles que no se están realizando de manera adecuada pues no se hace referencia a ellos, sino que solo dan cuenta de prácticas o condiciones subestándares (inapropiadas) que afectan la correcta ejecución de la actividad. Lo anterior se muestra con el siguiente ejemplo:

Cuando una no conformidad se clasifica como “mala ejecución de la actividad” (práctica subestándar) surgen una serie de preguntas que no tienen respuesta de manera inmediata, entre ellas: ¿De qué actividad se trata?, ¿Cuál es el proceso civil que se ve afectado?, ¿Cómo se mejora la ejecución de la actividad?

Con el objetivo de encontrar los problemas que existen en la ejecución de las partidas civiles y completar el análisis realizado anteriormente, se procedió a construir una nueva clasificación de no conformidades, la que no sigue los mismos patrones que la empleada por la empresa. Para esto se utilizaron los datos provenientes de la matriz de no conformidades de la especialidad civil elaborada para este trabajo. Se definieron las partidas más importantes en el área en estudio, luego se revisó cada una de las no conformidades y se le asignó la partida correspondiente. Con lo que se obtuvo una nueva matriz de no conformidades (anexo). A continuación se enumeran las partidas definidas para el análisis:

- Acopio de materiales.
- Armadura de refuerzo.
- Documentación.
- Gruot o mortero.
- Hormigonado.
- Instalación de insertos.
- Juntas de hormigonado.
- Mejoramiento de suelos.
- Colocación de moldaje.

- Movimiento de tierras.
- Otros.

En el listado se pueden observar dos partidas que no corresponden a procesos civiles, el acopio de materiales y la documentación. Se agregaron en la lista ya que son puntos importantes para una correcta ejecución del proyecto.

Para encontrar las partidas con mayores problemas se realizaron los diagramas de pareto correspondientes, utilizando el criterio de frecuencia y de costo de las no conformidades.

Los resultados son los siguientes:

a) Criterio de frecuencia:

Partidas	Frecuencia	Frecuencia acumulada
Hormigonado	74	74
Moldaje	30	104
Movimiento de tierras	20	124
Insertos	13	137
Armadura de refuerzo	10	147
Documentación	8	155
Grout	7	162
Acopio de materiales	5	167
Juntas de hormigonado	5	172
Mejoramiento de suelos	3	175
Otros	17	192

Tabla 4-4: Frecuencia de no conformidades según partidas civiles

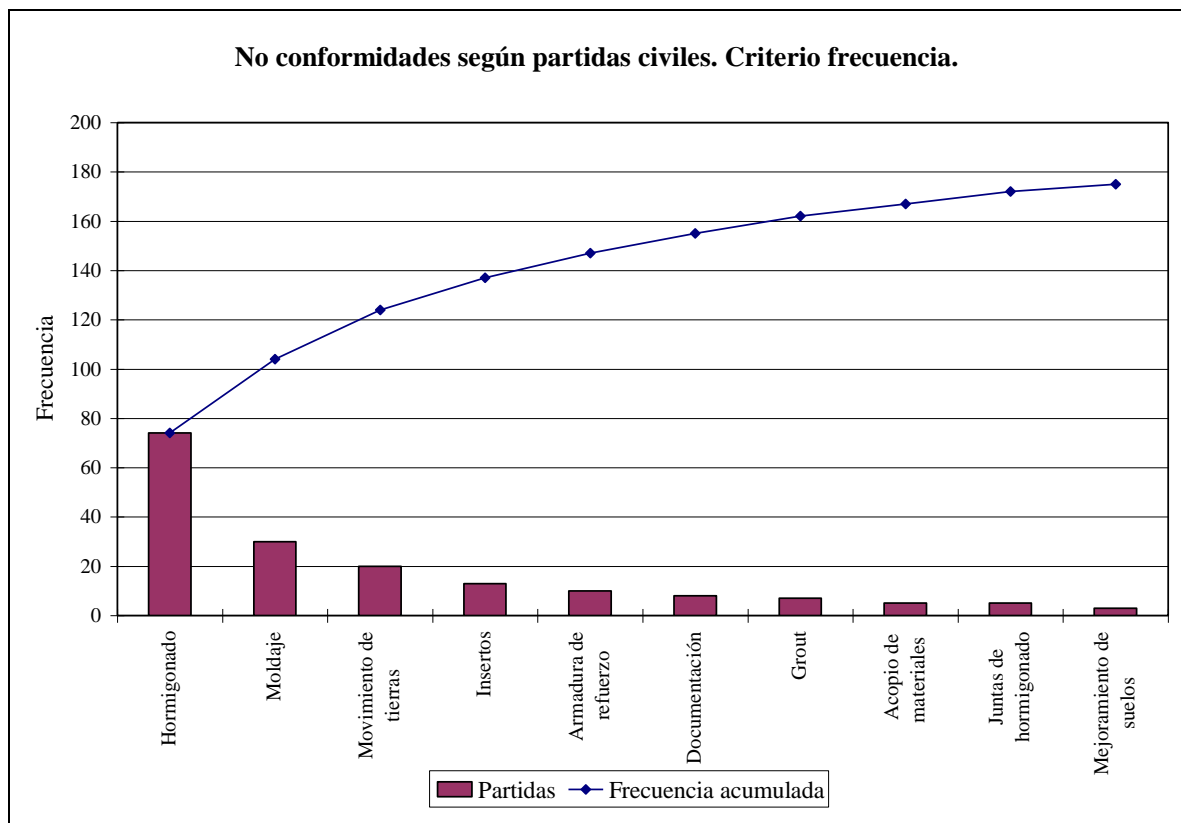


Figura 4-8: Diagrama de Pareto de partidas civiles, análisis por frecuencia.

b) Criterio de costo:

Partida	Costo	Costo acumulado
Hormigonado	\$ 13.640.744	\$ 13.640.744
Moldaje	\$ 10.656.279	\$ 24.297.023
Insertos	\$ 2.811.987	\$ 27.109.010
Movimiento de tierras	\$ 2.236.083	\$ 29.345.093
Grout	\$ 350.488	\$ 29.695.581
Armadura de refuerzo	\$ 342.601	\$ 30.038.182
Acopio de materiales	\$ 192.090	\$ 30.230.272
Juntas de hormigonado	\$ 77.445	\$ 30.307.717
Mejoramiento de suelos	\$ 64.410	\$ 30.372.127
Documentación	\$ 0	\$ 30.372.127
Otros	\$ 8.927.730	\$ 39.299.857

Tabla 4-5: Costo de no conformidades según partidas civiles

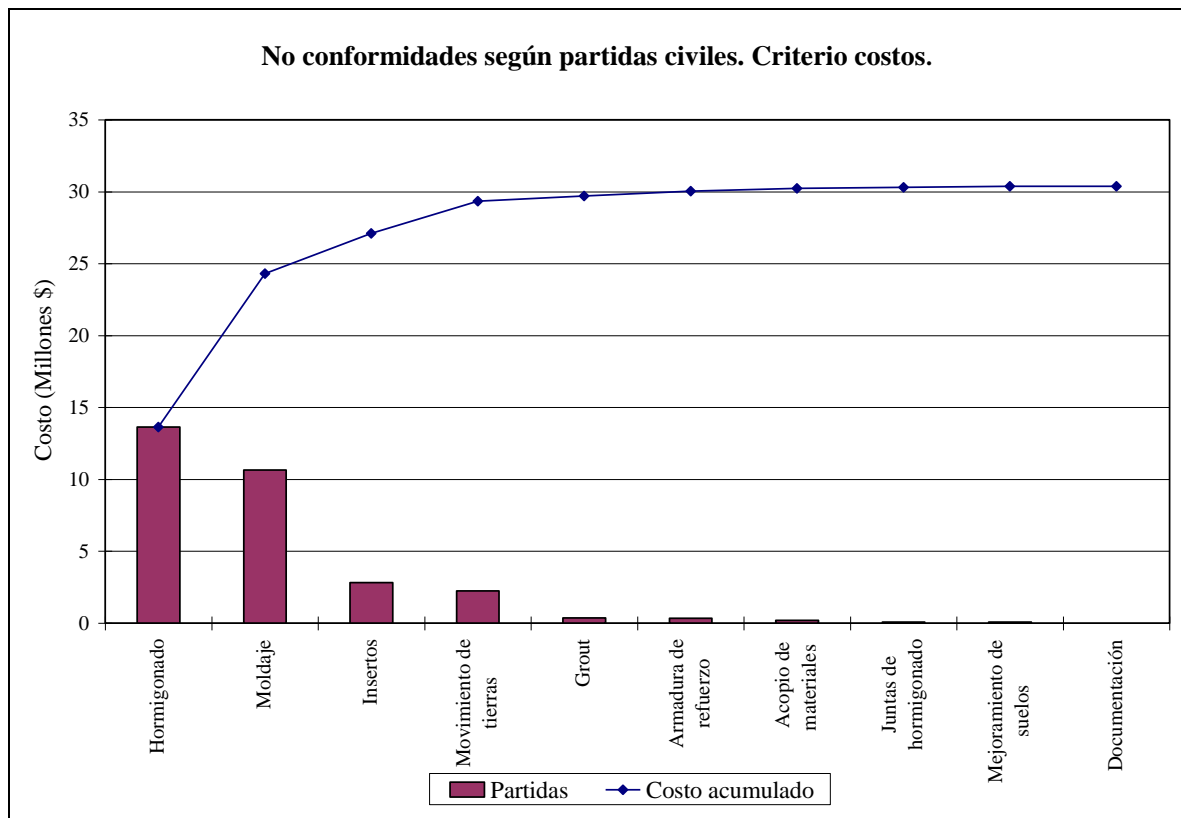


Figura 4-9: Diagrama de Pareto de partidas civiles, análisis por costo.

## **4.4 Conclusiones del análisis de causas**

### **4.4.1 Conclusiones del análisis de causas inmediatas y básicas**

De los diagramas de pareto correspondientes a las causas inmediatas se puede observar que las mayores deficiencias tanto de frecuencia como de costo se encuentran en terreno. Es de interés que en ambos criterios las causas determinadas por los códigos establecidos por la empresa son las mismas, lo que indica que estos son problemas importantes a ser investigados pues no se han logrado solucionar (son repetitivos) y tienen gran influencia en los costos totales de la calidad.

Las causas inmediatas más relevantes corresponden a: (1) mala ejecución de la actividad, (2) mala planificación de las actividades / coordinación inadecuada, (3) no seguir procedimientos, y (4) vacías. Estas cuatro representan el 68% de los costos totales de las no conformidades y el 67% del total de no conformidades.

Con respecto a las no conformidades vacías del estatus, que representan cerca del 10% del total en frecuencia y el 5% en costo, se debe capacitar a quienes tienen la tarea de completar la planilla de forma correcta pues o no saben hacerlo o lo consideran sin valor. Además se debe revisar la clasificación de causas definida ya que estas pueden no ser aplicables en todos los casos y a raíz de esto queden sin completar. Sin embargo es mejor realizar un análisis más profundo para determinar la razón principal de este actuar inadecuado.

Por otro lado es importante mencionar que existe un gran número de no conformidades sin su correspondiente evaluación de costos (aproximadamente un 45% del total reportado de causas), lo que podría traer como consecuencia un aumento considerable de los gastos de calidad. En este caso al igual que en el párrafo anterior es necesario reforzar y capacitar a los jefes de calidad de las obras la importancia de realizar todas las actividades que exige el procedimiento de no conformidades, que incluye el análisis de costo, demostrando así que se realiza el seguimiento correcto a la no conformidad. Además los administradores de obra deben exigir este análisis pues son ellos quienes autorizan los medios para la aplicación del plan de acción.

A continuación se presentan dos tablas resumen con los datos más relevantes:

<b>Código</b>	<b>Causa Inmediata</b>	<b>Frecuencia</b>
T3	Mala ejecución de la actividad	68
T11	Mala planificación de actividades/coordinación inadecuada	23
T2	No seguir procedimientos	20
Vacías		18

*Tabla 4-6: Análisis de causas inmediatas según frecuencia.*

<b>Código</b>	<b>Causa Inmediata</b>	<b>Costo (\$)</b>
T3	Mala ejecución de la actividad	16.212.572
T11	Mala planificación de actividades/coordinación inadecuada	4.088.492
T2	No seguir procedimientos	3.903.864
Vacías		2.430.166

*Tabla 4-7: Análisis de causas inmediatas según costo.*

De los diagramas de pareto para las causas básicas, que se deben a factores personales o de trabajo, se observa que los mayores problemas se encuentran en terreno al igual que para las causas inmediatas.

Las más relevantes según frecuencia corresponden a: (1) intento inapropiado de ahorrar tiempo y esfuerzo, (2) falta de supervisión, (3) vacías, (4) programa o planificación inadecuada, y (5) inspección de recepción deficiente. Estas representan el 70% del total de no conformidades.

Con respecto al segundo criterio, el costo, las principales son las siguientes: (1) intento inapropiado de ahorrar tiempo y esfuerzo, (2) selección inadecuada de contratistas o proveedores, (3) inspección de recepción deficiente, (4) falta de supervisión, y (5) vacías, que representan el 75% de los costos totales.

A continuación se presentan dos tablas resumen con los datos más relevantes:

<b>Código</b>	<b>Causa Básica</b>	<b>Frecuencia</b>
T3	Intento inapropiado de ahorrar tiempo y esfuerzo	53
T8	Falta de supervisión	25
Vacías		23
T6	Programa o planificación inadecuada	19
T10	Inspección de recepción deficiente	14

*Tabla 4-8: Análisis de causas básicas según frecuencia.*

<b>Código</b>	<b>Causa Básica</b>	<b>Costo (\$)</b>
T3	Intento inapropiado de ahorrar tiempo y esfuerzo	10.013.782
T11	Selección inadecuada de contratistas/proveedores	9.721.884
T10	Inspección de recepción deficiente	4.675.383
T8	Falta de supervisión	2.637.663
Vacías		2.480.166

*Tabla 4-9: Análisis de causas básicas según costo.*

#### **4.4.2 Conclusiones del análisis según partidas**

Como se explico anteriormente este análisis tiene como objetivo determinar los procesos o subprocesos civiles que tienen deficiencias en su ejecución. Las no conformidades se agruparon en partidas y según los diagramas de pareto correspondiente las que presentan mayores problemas, según ambos criterios, frecuencia y costo, son el hormigonado, la colocación de moldaje, el movimiento de tierras y la instalación de insertos. Estas cuatro partidas agrupan el 70% del total de no conformidades, y representan el 75% de los costos totales.

Dentro de cada partida se agruparon las no conformidades, siendo las más repetitivas las siguientes: nidos de piedra en el hormigón, mala terminación de la superficie del hormigón,



desplazamiento del moldaje, mala ubicación de insertos, corte de cables de mallas de tierra durante la excavación, falta de supervisión, mala planificación y coordinación inadecuada.

Anteriormente se indico que existían dos partidas que no corresponden a la ejecución de una obra, pero que sin embargo se incluyeron en las lista por ser importantes para un proyecto. Una de ellas era la partida de documentación, en la que encontramos no conformidades que dan cuenta de una mala gestión en la planificación del proyecto ya que hacen referencia a la ineficiencia en el momento de planificar los recursos (como mano de obra, equipos menores y mayores, materiales) y coordinar la ejecución de las actividades con los supervisores y capataces. Otro punto de interés es el hecho de que estas no conformidades hagan referencia a una mala gestión de calidad dentro de la obra, pues indican que hay un desconocimiento del procedimiento de no conformidades a nivel de administrador, jefe de terreno, jefe de oficina técnica y jefe de calidad pues existe falta de elaboración de planes de acción, evaluación de costos, y seguimiento hasta el cierre de la no conformidad. La otra partida era la de acopio de materiales, esta es importante ya que si no existe orden suficiente en el almacenamiento de los materiales de construcción pueden generarse atrasos por no encontrarlos cuando estos sean solicitados por alguna actividad que lo necesite. De manera que al existir no conformidades referidas a este hecho, se deben tomar las medidas necesarias para facilitar el acopio tanto de materiales como de desechos dentro de la obra, con el objetivo de que se trabaje con la mayor eficiencia posible.

## **Capítulo 5 : Control de costos de las no conformidades**

Este capítulo profundiza sobre los costos de la calidad, a través de analizar distintos factores que determinan los costos producidos por las no conformidades. Finalmente se realizará un análisis de los costos que traen como consecuencia las no conformidades en tres escenarios distintos, para observar la importancia de actuar rápidamente al detectar una falla.

### **5.1 Costos de ejecución de una actividad**

En el capítulo 2 de este trabajo se explicó que la mala calidad ocurre cuando un producto o servicio no satisface los requerimientos de un cliente. Según esto las no conformidades representan insatisfacción de parte del cliente ya sea interno o externo, por lo tanto se pueden considerar como costos de la mala calidad.

En la industria de la construcción se observa que para la correcta ejecución de las partidas civiles es necesario que se satisfagan todos los clientes internos (figura 2-2b, capítulo 2), es decir, que no existan fallas en la ejecución de las actividades porque esto provocaría un daño a la tarea siguiente que requiere de la actividad anterior para comenzar. Esto ilustra que al analizar los costos de las no conformidades se deben considerar una serie de factores que a primera vista no se aprecian.

Al comenzar este análisis se indicarán los parámetros principales que se consideran al momento de determinar los costos de ejecutar una actividad civil cualquiera.

- Mano de obra : Costo de todas las horas hombre (HH) utilizadas para ejecutar la actividad.
- Materiales : Costo de los materiales utilizados para la ejecución de la actividad.
- Maquinarias : Costo de las horas de utilización de la maquinaria requerida para la ejecución de la actividad.
- Transporte : Costo del transporte para la ejecución de la actividad.

Cuando la actividad descrita a través sus parámetros de costos principales no se realiza de manera correcta y se genera una no conformidad, estos costos corresponden a los de una mala ejecución de la actividad, y se debe proceder a solucionar la falla.

## **5.2 Costos producidos como consecuencia de las no conformidades**

En general los costos asociados a una mala calidad, en este caso a los producidos por las fallas o defectos, se caracterizan con los siguientes términos: reelaboración, corrección, arreglo, ineficiencias, penalidades, desperdicio, reparación, repetición, demora, insatisfacción, paralización, reclamos, quejas, reembolsos, etc.

Los costos por mala calidad pueden ser identificados de diversas formas, a continuación se utilizarán los términos explicados en el capítulo 2: costos por fallas internas y externas.

1. *Costos por fallas internas*: Corresponden a aquellos costos comprometidos para corregir la ocurrencia de un error, falla o no conformidad, identificada antes que el cliente reciba la obra o proyecto. Según diversos autores estos son los más significativos dentro de los costos totales. Algunos ítems importantes de costos de fallas internas que se deben tener en consideración al momento de evaluar los costos de las no conformidades en una empresa:
  - a) Costos debido a desperdicios: Se incluyen en estos costos, los siguientes:
    - i. Los originados por una inspección incompleta de los materiales ingresados a bodega y que luego son rechazados por terreno.
    - ii. Costos producidos por una mala utilización de la mano de obra, materiales y equipos, es decir, aquellos recursos que se ocuparon en actividades que no generan valor y que no se contemplan en el proyecto.
    - iii. Pérdidas asociadas a un mal almacenamiento de equipos y herramientas, que producen retraso de actividades, mano de obra ociosa entre otras cosas.
    - iv. Pérdidas producidas por roturas de piezas especiales o equipos ocurridas durante el transporte hacia su sitio de colocación.

- b) Costos debido al trabajo rehecho: En este ítem se consideran los costos originados por todo trabajo que comprometa las obras ya ejecutadas.
    - i. Demolición el trabajo hecho y hacerlo nuevamente de manara correcta. Los costos corresponderán a los de demolición, mano de obra, materiales y equipos para rehacer o reparar los trabajos ya realizados.
  - c) Costos debido a retrasos: Al ocurrir una no conformidad se generan retrasos, los que afectan a la actividad que se ha ejecutado incorrectamente y a la que viene inmediatamente después. Estos se pueden acumular provocando costos debido a multas por incumplimiento en los hitos contractuales. Este ítem incluye además los costos por tener cuadrillas en espera, y por provocar interferencia con otras tareas o especialidades.
2. *Costos de fallas externas*: Corresponde a aquellos costos generados por errores, fallas o no conformidades, y reparaciones a la obra ejecutada identificada una vez realizada la entrega de esta al cliente. A continuación se presentan algunos ítems importantes de costos de fallas externas que se deben de tener en consideración al momento de evaluar los costos de las no conformidades en una empresa:
- a) Costos debido a garantías: Son aquellos costos originados por el uso de las garantías correcta ejecución de la obras o fiel cumplimiento del contrato. Estas se aplican por el cliente en el caso de que detecte trabajos defectuosos después de la recepción provisional de las obras. Consideran los materiales, equipos, y mano de obra necesarios para la reparación de la obra.
  - b) Costos legales: Son aquellos costos generados por conflictos mayores entre el cliente y la empresa constructora, como pago de seguros, honorarios de árbitro, abogados y/o peritos en el caso que no se llegue a un acuerdo.
  - c) Costos debidos a pérdida de futuros negocios: Este corresponde a un costo intangible por lo que resulta difícil evaluar. Puede considerar los montos de negocios no concretados debido a una mala imagen de la empresa.

Los dos tipos de costos que se acaban de analizar corresponden a los más utilizados para la evaluación de la mala calidad. Se puede señalar que existen otros que son difíciles de evaluar por ser de naturaleza intangible y por lo tanto requieren de personal especializado.

### **5.3 Análisis de costo de las no conformidades en tres escenarios distintos**

A través del siguiente análisis se pretende ilustrar la importancia de detectar las no conformidades tiempo, y de actuar prontamente sobre ellas para solucionarlas. Se evaluarán los costos de las no conformidades en tres escenarios distintos, el primero corresponde a evaluar los costos generados por detectar y reparar inmediatamente una no conformidad, en el segundo escenario se analizará el costo de una no conformidad detectada durante la ejecución del proyecto pero reparada posteriormente, y finalmente se evaluarán los costos de una no conformidad detectada por el cliente una vez puesto en marcha el proyecto.

Para el primer escenario se deben considerar los costos generados por trabajo rehecho, es decir, los materiales, equipos y mano de obra utilizados.

En el segundo escenario se observa que existen además de los costos provenientes de la reparación de la falla (trabajo rehecho) costos debido a retrasos, que consideran mano de obra en espera e interferencia con otras actividades o especialidades.

Finalmente en el tercer escenario se observan costos completamente distintos a los dos anteriores, ya que se considera costos por reparación de los trabajos, sin embargo estos son mayores a los de los escenarios anteriores, puesto que es necesario movilizar mano de obra, materiales y equipos al lugar de la obra incurriendo en gastos mayores, existen además costos de naturaleza intangibles que provienen de generar una mala imagen de la empresa, que puede traer como consecuencia perder negocios futuros.

## 5.4 Control de costos producidos por las no conformidades de la empresa

En el capítulo cuatro se presentaron los diagramas de pareto que permitieron distinguir los principales problemas que afectan a la organización, para esto se utilizaron dos criterios, el de frecuencia y el de costo. A continuación se detallará como se obtuvieron los costos presentados en dicho capítulo.

La empresa lleva el control de costos producidos por las no conformidades a través del estatus de no conformidades (ver figura 4-3). La persona responsable de una no conformidad debe realizar su análisis de costo correspondiente, para esto considera la mano de obra, equipos y materiales utilizados en la reparación del problema.

A continuación se presenta una tabla resumen de los costos producidos por las distintas partidas civiles, y el numero de no conformidades que los producen. En el anexo B se puede observar el detalle de cada una de las no conformidades registradas.

<b>Partidas</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Costo</b>
Hormigonado	74	\$ 13.640.744
Moldaje	30	\$ 10.656.279
Movimiento de tierras	20	\$ 2.236.083
Insertos	13	\$ 2.811.987
Armadura de refuerzo	10	\$ 342.601
Documentación	8	\$ 0
Grout	7	\$ 350.488
Acopio de materiales	5	\$ 192.090
Juntas de hormigonado	5	\$ 77.445
Mejoramiento de suelos	3	\$ 64.410
Otros	17	\$ 8.927.730
Total	192	\$ 39.299.857

*Tabla 5-1: Costos producto de las no conformidades.*

## **Capítulo 6 : Análisis de no conformidades**

En este capítulo se analizan las principales deficiencias de una empresa constructora, con el objetivo de distinguir sus causas raíces y posteriormente generar propuestas de mejoramiento que disminuyan o eliminen los problemas detectados. Para esto se utilizarán distintas herramientas de control y gestión de la calidad, entre las que se destacan el diagrama causa – efecto, el diagrama de relaciones y el diagrama de árbol. Además para la elaboración de cada uno de los diagramas se empleó la técnica de brainstorming o tormenta de ideas. El mejoramiento continuo de la calidad implica que la organización esté revisando periódicamente las causas de no cumplimiento evaluando los planes de acción que se llevaron a cabo y estableciendo metas alcanzables a lo largo del tiempo.

### **6.1 Herramientas de gestión y control de la calidad**

Existen siete herramientas básicas o fundamentales para el control de calidad con las que se pueden identificar y resolver los problemas que surgen en la organización, *hojas de registro, diagrama de Pareto, diagrama causa – efecto, histograma, estratificación, diagrama de dispersión y gráficos de control*. Sin embargo con el tiempo, el control de calidad ha sufrido una gran transformación en donde las siete herramientas básicas no son suficientes sino que se requiere de un nuevo conjunto de herramientas, denominadas las siete herramientas para la gestión del control de la calidad, estas son: *diagrama de afinidad, diagrama de relaciones, diagrama de árbol, diagrama matricial, análisis matricial de datos, diagrama de flechas y diagrama de proceso de decisiones*.

En el presente estudio se utilizaron herramientas de ambos grupos, con el objetivo de determinar las causas raíces de los problemas detectados en el capítulo 4. Además se recurrió a una técnica para desarrollar la creatividad en la búsqueda de causas, la tormenta de ideas.

## **6.2 Análisis de las principales deficiencias de la organización.**

En el capítulo cuatro se analizaron los datos entregados por la empresa para distinguir a través de una herramienta de control de calidad, el diagrama de Pareto, cuáles eran las principales deficiencias de la organización. Se estudiaron considerando la clasificación existente, que separa las causas de las no conformidades en dos grandes ítems, el de causas inmediatas y básicas.

En un análisis posterior las no conformidades se reagruparon en distintas partidas civiles, con el objetivo de encontrar problemas de ejecución en los procesos. Para ambos estudios se consideraron los mismos criterios de selección, el de frecuencia y el de costo.

Se debe tener claro que el objetivo de los distintos análisis realizados hasta ahora han sido para determinar las deficiencias que realmente están afectando a la organización en materia de no conformidades. Lo que viene a continuación es encontrar las causas raíces de los problemas, de manera de establecer propuestas de mejoramiento que las disminuyan. Para esto se han elaborado una serie de esquemas, el diagrama de causa – efecto, el diagrama de relaciones convergente en el centro, y el diagrama de árbol.

Los diagramas que se realizaron son los siguientes, y se encuentran en el anexo C:

### Diagrama de causa – efecto:

- Mala ejecución de la actividad.
- No seguir procedimientos.
- Mala planificación de las actividades / coordinación inadecuada.
- Nidos de piedra en el hormigón.
- Mala terminación en la superficie del hormigón.
- Desplazamiento del moldaje.
- Mala ubicación de insertos y armadura.
- Corte de cables de mallas de tierra durante la excavación.



#### Diagrama de relaciones convergente en el centro:

- ¿Por qué no hay una buena supervisión?
- ¿Por qué hay una inspección de recepción deficiente?

#### Diagrama de árbol:

- Vibrado inapropiado.
- Vaciado deficiente.

### **6.3 Conclusiones del análisis de No Conformidades**

Se realizaron distintos análisis con el objetivo de detectar las principales causas de no cumplimiento en la organización. De los diagramas se aprecia que las deficiencias se originan principalmente por:

- Supervisión deficiente.
- Instrucciones inadecuadas.
- Insuficiente mano de obra especializada.
- Escaso compromiso por parte de trabajadores.
- Equipos inadecuados.
- Procedimientos inadecuados.
- Escaso trabajo en equipo.
- Escasa comunicación entre supervisores y jefe de terreno.
- Reuniones de coordinación deficientes.
- Abastecimiento deficiente.
- Escasa comunicación entre jefe de terreno y oficina técnica, que está encargada del abastecimiento.
- Insuficiente información sobre el rendimiento real en obra.
- Variabilidad de procesos.

Si bien el listado puede parecer largo, muchas de las causas raíces recién nombradas tienen soluciones similares o son producto de un determinado actuar de la organización. Por lo tanto, si se solucionan estos puntos, se obtendrán mejoras inmediatas.

Por otra parte en el diagrama de relaciones en donde se buscaban las conexiones entre las causas de una mala supervisión se observa que es vital la comunicación fluida y honesta entre los distintos profesionales de la obra con el supervisor, pues es este último quien está en terreno durante la ejecución de las actividades, y es él quien debe informar de las deficiencias y problemas que surjan, además de tomar las primeras medidas para solucionarlos. Por otro lado lograr compromisos confiables es una tarea que la planificación debe considerar.

Con respecto a la ejecución de las actividades se observa que las causas principales de las no conformidades de las partidas civiles son las siguientes:

- Falta de las piezas necesarias para una correcta instalación del moldaje.
- Falta de planos de montaje de moldajes.
- Retiro inapropiado del moldaje.
- Escasa mantención de los elementos del moldaje.
- Desconocimiento de procedimientos e instructivos operativos.
- Operario inadecuado.
- Mala especificación del hormigón en el diseño.
- Insuficiente control del producto suministrado.

A estas causas se puede agregar además los resultados obtenidos del diagrama de árbol para el vaciado inadecuado y vibrado deficiente, las que indicaban nuevamente deficiencias de planificación de los recursos disponibles, y escaso análisis de las obras a realizar ya que estas pueden tener geometrías irregulares o características indeseables para un correcto vibrado o vaciado.

## **Capítulo 7 : Propuestas de mejora**

En este capítulo se expondrán las distintas propuestas de mejoramiento, que buscan disminuir o eliminar las causas raíces de las no conformidades existentes en la organización detectadas en este trabajo, a través de los distintos análisis realizados. Se efectuarán propuestas en los distintos aspectos en que encontraron deficiencias.

### **7.1 Propuestas para la recopilación de información en terreno**

Un factor importante dentro de un sistema de gestión de calidad es la recolección de información acerca de la ejecución de los procesos productivos, en especial de las fallas que se producen durante estos. En este estudio ha sido fundamental contar con un gran número de no conformidades obtenidas en terreno, a través del procedimiento determinado por la organización con este fin. Sin embargo se detectaron algunas falencias, como por ejemplo la falta de información acerca de la actividad mal ejecutada que genera la no conformidad. Solo se ingresan las causas inmediatas o básicas de no cumplimiento establecidas previamente por la organización, y no se hace referencia a la tarea civil que originalmente provocó la falla.

Para solucionar esta deficiencia se propone modificar la planilla de estatus de no conformidades añadiendo una columna de procesos civiles junto a la del área en donde se produce la no conformidad (ver figura 7-1), esto permitirá obtener información de mejor calidad, ya que se lograría identificar además de las causas inmediatas y básicas (según la actual nomenclatura) el proceso específico en donde se concentran los problemas lo que posibilita generar acciones de mejora más eficientes. Por ejemplo para una causa inmediata: mala ejecución de la actividad, se conocería de que actividad se trata y se podría actuar inmediatamente sobre la (las) cuadrilla (s) que la están ejecutando.

Además se propone una lista con los procesos más importantes de la especialidad civil, los que se codificarán para completar el estatus.

Procesos de la especialidad civil: movimiento de tierras, socialzado, demolición, emplantillado, armadura de refuerzo, dowels, insertos, juntas de hormigonado, moldaje, hormigonado, curado, grout o mortero y albañilería.

Se agrega una nueva columna al estatus de no conformidades (referencia fig. 4-3), correspondiente a procesos civiles.

N°	MES		FECHA EMISIÓN	ÁREA		PROCESOS		CLASIF. GRAL	
N°	Cod	MES		Cod	Área	Cod	Partida	Cod	Clasif. Gral.
				a7	Civil				

Figura 7-1: Propuesta de planilla de estatus de no conformidades.

A continuación se presentan los códigos correspondientes a cada proceso civil:

Clasificación por Procesos	
ci1	Movimiento de tierras
ci2	Socialzado
ci3	Demolición
ci4	Emplantillado
ci5	Armadura de refuerzo
ci6	Dowels
ci7	Insertos
ci8	Juntas de hormigonado
ci9	Moldaje
ci10	Hormigonado
ci11	Curado
ci12	Grout o mortero
ci13	Albañilería

Figura 7-2: Procesos civiles de la nueva planilla.

## 7.2 Propuestas para el mejoramiento en la ejecución de las actividades

En el capítulo 6 se detectaron fallas en algunos procesos de la especialidad civil, además se encontró que una causa importante de estos es la escasez de mano de obra especializada para realizar las distintas actividades. Con el objetivo de mejorar la ejecución de los procesos civiles, se propone lo siguiente:

- *Excavaciones:* El jefe de oficina técnica debe coordinar con el cliente o la especialidad correspondiente la entrega de todos los planos de las mallas de tierra existentes, con el objetivo de eliminar el corte de los cables de estas durante las excavaciones. Es importante también capacitar a los operadores de las maquinarias utilizadas en las excavaciones, con el objetivo de evitar maniobras inadecuadas.
- *Insertos y enfierradura:* El topógrafo debe verificar la ubicación de insertos y enfierradura, con el objetivo de eliminar los errores debido a una mala ubicación. Capacitar y entrenar a la mano de obra existente con respecto a los procedimientos o instructivos existentes para estas actividades.
- *Moldajes:* Crear una cuadrilla especializada en la colocación de moldaje, que se encargue de realizar todas las tareas necesarias durante este proceso, como son: la aplicación del desmoldante, la instalación de todas las piezas de afianzamiento del moldaje de acuerdo a planos de diseño, la colocación de sellos en juntas de moldajes, el retiro y posterior mantenimiento de los elementos correspondientes. Todo esto tiene el objetivo de prevenir el desplazamiento del moldaje y las imperfecciones en la superficie del hormigón. El jefe de oficina técnica será responsable de solicitar a la empresa proveedora del moldaje todos los planos de diseño y los elementos correspondientes para una correcta instalación.
- *Hormigonado:* Capacitar a la mano de obra sobre el vaciado y vibrado correcto del hormigón, ya que estas dos actividades son fundamentales para evitar la segregación y los nidos de piedra en el hormigón. Además se debe asegurar que el moldaje instalado sea apropiado para la estructura a hormigonar, es decir, que cuente con las ventanas de inspección y vibrado, y que contenga recesos si es que estos son requeridos por la

estructura. El supervisor debe inspeccionar la armadura antes de la colocación del moldaje para verificar que no existen interferencias para introducir la sonda vibradora.

A continuación se realizarán algunas recomendaciones a las áreas que participan activamente de la ejecución de un proyecto, con el objetivo de mejorar ciertas prácticas que se pueden observar después de analizar las no conformidades existentes:

- *Administrador de obra:* Debe participar de manera activa en los procesos de calidad que la empresa posee, de manera que todos en la obra comprendan la importancia de la gestión de calidad y el mejoramiento continuo, en la práctica debe ejercer un liderazgo efectivo y comprometido con respecto a la calidad.
- *Terreno:* El jefe de terreno debe estar en constante comunicación con los supervisores, pues son estos últimos quienes ejecutan los trabajos en terreno, canalizan la información en sentido ascendente a sus superiores, con el fin de que estos puedan tomar decisiones inteligentes, y en sentido descendente hacia sus subordinados, con el fin de que estos sepan realmente que trabajo hacer. Además mantener una relación fluida con la oficina técnica de la obra pues es esta la encargada del abastecimiento de los materiales necesarios para la ejecución de las distintas actividades.
- *Oficina técnica:* El jefe de oficina técnica debe encargarse del abastecimiento de los materiales necesarios para la ejecución de las obras. Esto incluye conocer la programación de manera que los materiales estén el día correspondientes y no ocurran retrasos debido a la falta de estos.
- *Calidad:* Capacitar a los jefes de calidad de las obras sobre la importancia de cumplir con todas las actividades descritas en el procedimiento de no conformidad, acción correctiva y preventiva. Lo que incluye realizar el seguimiento de las no conformidades hasta su cierre. Además se debe reafirmar el tema de los costos de las no conformidades, de manera que se realice correctamente. El jefe de calidad se debe asegurar de obtener todos los certificados de calidad correspondientes a los materiales que ingresan a la obra, solicitar además que se cumplan las especificaciones técnicas del hormigón provisto por

una empresa externa, se debe controlar no solo el cono de abrams y la resistencia, sino que también la granulometría.

- *Bodega*: El jefe de bodega debe verificar que los materiales ingresados a bodega cumplan con los requerimientos de calidad especificados.

Otra causa repetitiva de los problemas detectados en las no conformidades es que al diseñar no se han tomado en cuenta los problemas de ejecución, esto trae como consecuencia que se deben solucionar en terreno, a través del profesional a cargo de la obra y que se detectan justo ante de realizar esa parte específica e inclusive después de ejecutada. Para solucionar este problema se propone realizar antes del inicio de la faena una reunión con las personas que llevaran a cabo el proyecto con el objetivo de determinar las características y funciones esenciales de cada uno de los aspectos del proyecto, identificando aquellos elementos que añaden costos innecesarios o desproporcionados, con el propósito de reducirlos o suprimirlos sin perjudicar la calidad, la utilidad, la confiabilidad, y la seguridad. Esto se conoce como *ingeniería de valor o análisis valorativo*.

Este análisis esta orientado a revisar cada uno de los elementos proyectados desde la óptica del constructor. Las fases que componen un proceso de análisis valorativo son:

- **Información**: Etapa en la cual se recopilan de los antecedentes del proyecto, se estudia de la información técnica, económica y operativa del mismo.
- **Análisis funcional**: Etapa de identificación de las funciones que deben cumplir los principales elementos del proyecto, determinando su valor y costo de materialización.
- **Generación de ideas creativas**: Etapa en la cual el grupo de trabajo realiza un proceso de “tormenta de ideas” con el objetivo de encontrar ideas creativas que optimicen las funciones determinadas en el punto anterior proponiendo “formas alternativas” para alcanzar la misma función a un menor costo, manteniendo o mejorando el rendimiento del proyecto. Luego estas ideas se evalúan y aquella que genere un mayor valor para la función analizada será desarrollada.

### 7.3 Propuestas generales

A continuación se presentan propuestas para mejorar la supervisión, y la planificación, que corresponden a las principales causas raíces detectadas, y también para optimizar el análisis de costo de las no conformidades.

1. **Supervisión:** La supervisión es un proceso mediante el cual una persona asume la responsabilidad de dirigir a otras con el propósito de obtener resultados comunes. Supervisar requiere planificar, organizar, dirigir, ejecutar, controlar y exige de la persona constancia, dedicación y perseverancia. Los objetivos generales de la supervisión son: mejorar la productividad de los empleados, desarrollar un uso óptimo de los recursos, y monitorear constantemente las actividades de los subalternos. En el área de la construcción tiene objetivos similares, como el vigilar la ejecución de las distintas actividades de manera que se cumpla con el tiempo asignado y la calidad exigida.

Para lograr una buena supervisión se requiere que quien la realiza cumpla con los siguientes conocimientos y habilidades mínimas:

- a) Conocimiento del trabajo: el supervisor debe conocer la tecnología de la función que supervisa, las características de los materiales y la calidad esperada.
- b) Conocimiento de sus responsabilidades: el supervisor debe conocer las políticas, y reglamentos de la empresa, su grado de autoridad, sus relaciones con otras áreas y las normas de calidad y seguridad.
- c) Experiencia profesional y/o administrativa: el supervisor debe tener suficiente experiencia para comprender e interpretar todos los procedimientos constructivos contenidos en las especificaciones y planos del proyecto.
- d) Habilidad para instruir: el supervisor debe entregar las informaciones e instrucciones de manera clara y precisa de manera que todos sus subalternos entiendan y realicen el trabajo de manera correcta.
- e) Habilidad para mejorar métodos: el supervisor debe ser capaz de utilizar de la mejor manera los recursos humanos, materiales y técnicos que la empresa facilite, mejorando continuamente su trabajo.



- f) Habilidad para dirigir: el supervisor debe liderar a su personal dirigiéndolo con la confianza y convicción necesarias.

Actualmente la supervisión en la construcción es un punto deficiente, ya que muchas veces quien realiza tal labor no tiene los conocimientos ni las aptitudes que se acaban de enumerar, provocando en muchas oportunidades mala calidad en las actividades supervisadas. La empresa en donde se realizó este estudio no escapa de esta realidad, pues como se mencionó en el capítulo 6, una de las principales causas raíces de las no conformidades es la supervisión deficiente.

A continuación se explican las propuestas para eliminar la supervisión deficiente:

- a) Realizar una evaluación a todos los supervisores del área civil de la empresa con el objetivo de estar al tanto del nivel de conocimiento que tienen de las distintas actividades que realizan, así como de las habilidades que demuestran al trabajar. Luego con los resultados obtenidos preparar capacitaciones que apunten a mejorar las deficiencias encontradas.
- b) Elaborar pautas de supervisión para las tareas claves de los distintos procesos civiles, como son: la colocación de moldaje, el vaciado y vibrado del hormigón, entre otras.
- c) Adoptar e implantar liderazgo en los supervisores.
- d) Capacitar a los supervisores sobre los sistemas de gestión de la calidad, con el fin de que ellos puedan visualizar la importancia de estos para el buen desarrollo de los proyectos. En especial sobre el tema de detección de no conformidades, ya que ellos son un eslabón fundamental para su corrección y eliminación.
- e) Mejorar en trabajo en equipo a través de la creación de vías de comunicación fluidas entre (1) los supervisores y sus superiores, con el objetivo de que estos últimos puedan tomar decisiones inteligentes, y (2) los supervisores con sus subalternos, con el fin de transmitir la instrucciones sobre los trabajos que se deben realizar, cuando y como se harán.

- f) Crear instancias en que los trabajadores puedan aportar al desarrollo de las actividades, a través de ideas o soluciones a los problemas que ocurren como por ejemplo a través de círculos de calidad.
- g) Incentivar la participación activa de los supervisores en la planificación de las actividades de manera de generar compromisos confiables, reconociendo sus ideas y capacidades. Esto se analizará con mayor detalle a través de la siguiente propuesta.

A continuación se presenta una figura que ilustra el proceso de supervisión:

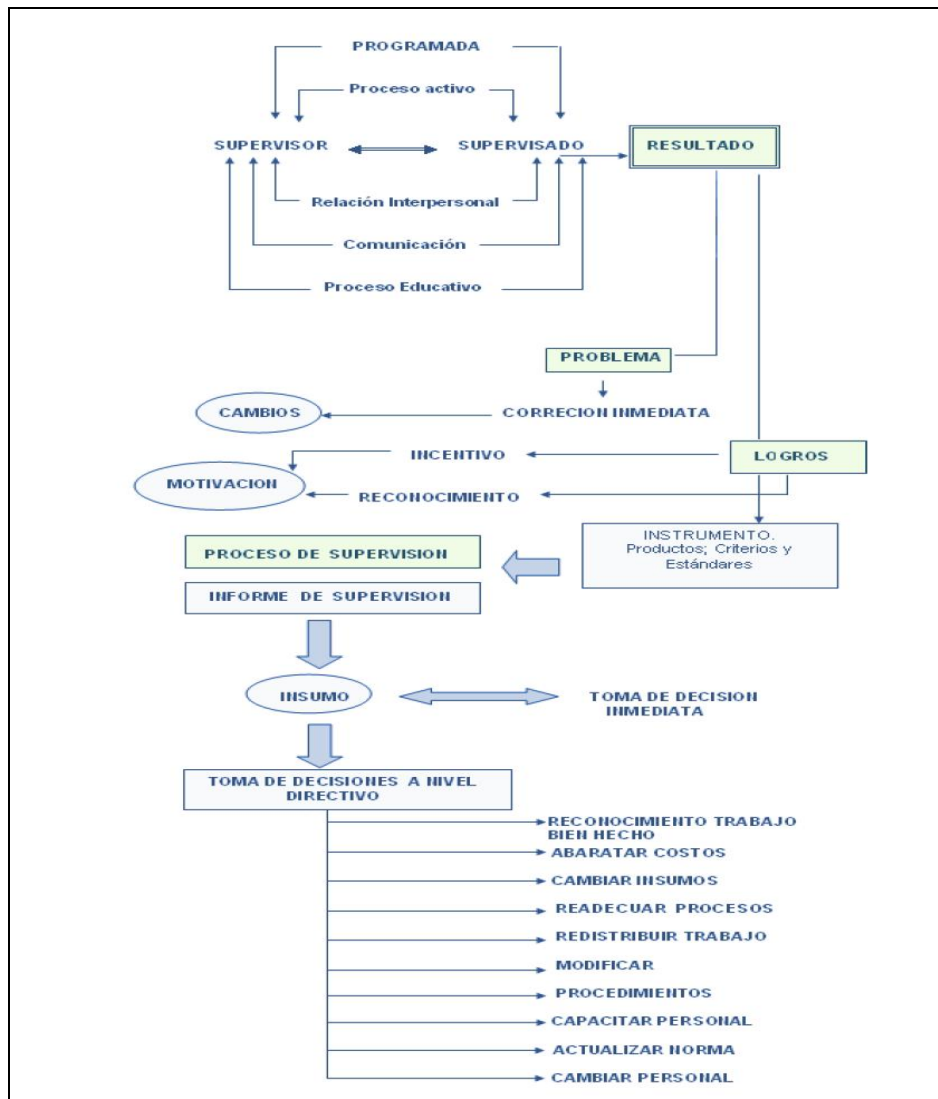


Figura 7-3: Proceso de supervisión.

2. **Planificación:** La programación de una obra es una de las actividades fundamentales dentro de un proyecto de construcción, ya que define la secuencia, ritmo y duración de los procesos productivos, para esto quien planifica debe conocer los rendimientos de la mano de obra, y materiales para asignarlos de manera correcta. Actualmente la planificación no ha abordado eficientemente la naturaleza variable de estos procesos, lo que se traduce en interferencias, retrasos y mayores costos para un proyecto. Para solucionar estos problemas se ha dado origen a sistemas de control de producción como el Último Planificador que reduce la variabilidad del flujo de producción.

A través del análisis realizado en el capítulo 5 de esta memoria, se observó que la causa raíz de un gran número de no conformidades correspondía a una planificación deficiente, para solucionar esto se propone implementar el sistema del Último Planificador. A continuación se explica en que consiste este sistema de planificación, y como aplicarlo.

Para entender este sistema se deben tener conocer algunos conceptos de “Lean Production” y “Lean Construction”, los que se explicarán a continuación:

*Lean Production:* Propone que las actividades se pueden separar en dos tipos: las que agregan valor al producto y las que no agregan valor al producto. La diferencia radica en que la que agregan valor convierten material o información hacia lo que es requerido por el cliente. La esencia de este sistema es reducir al máximo las actividades que no generan valor, sin olvidar que estas son necesarias y no se pueden eliminar. Considera que la cadena de producción esta compuesta de conversiones, que corresponden a los procesos, y flujos, que son la inspección, transporte y espera. Los principios básicos del Lean Production son los siguientes: identificar las actividades que no agregan valor, incrementar el valor del producto, reducir la variabilidad, reducción del tiempo de ciclo, simplificación de procesos, introducir el mejoramiento continuo, mejorar tanto la conversión como el flujo, y benchmarking.

*Lean Construction:* Consiste en aplicar los principios lean en la industria de la construcción, con el objetivo de mejorar el flujo de trabajo, reduciendo la variabilidad y la dependencia de las actividades. Para esto se debe tener claro que no se podrá eliminar la variabilidad de los proyectos de construcción sino que se buscará atenuar lo más posible.

*Sistema Último Planificador:* Este sistema está compuesto por distintos elementos, los que se explican a continuación:

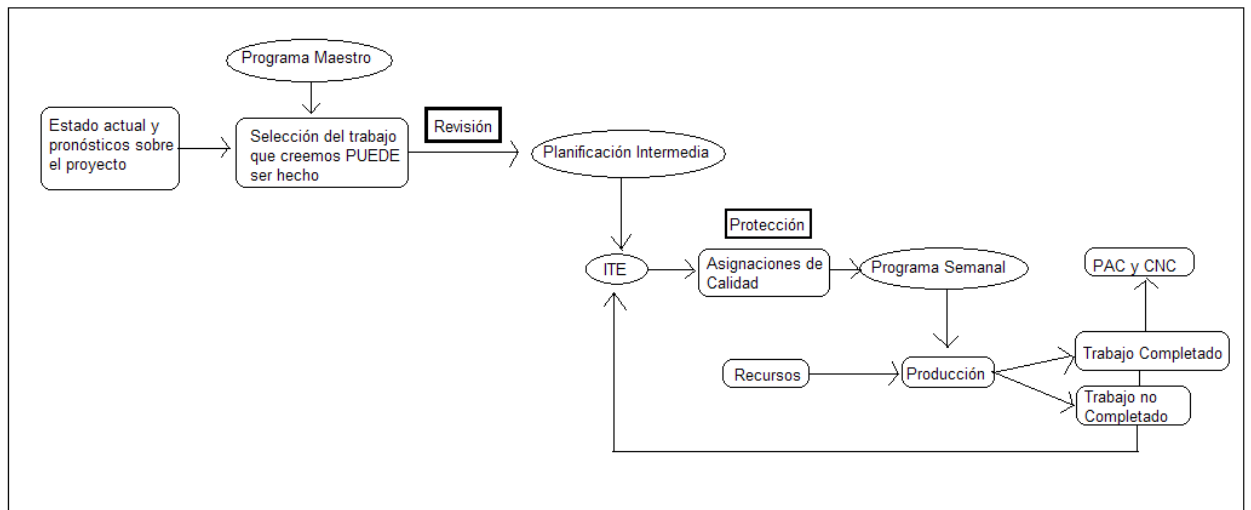
Los proyectos de construcción tienen una planificación general llamada **programa maestro**, mediante el cual se pone fecha a los objetivos generales y establece las metas del proyecto. Con este también se identifican los hitos de control del proyecto. Una definición importante para las siguientes etapas: las actividades que son posible de realizar se denominan asignaciones.

La **planificación intermedia** tiene como objetivo poner atención en las actividades que supuestamente ocurrirán en el futuro, para lo cual debe coordinar todo lo necesario para que se puedan realizar. En esta etapa se debe: equilibrar la carga de trabajo y capacidad, es decir, que la carga de trabajo asignada a una unidad de producción se equilibre con la capacidad de dicha unidad, revisar la secuencia de actividades, desarrollar detalladamente los métodos de ejecución, mantener un listado de actividades listas para ejecutar, de manera que si una tarea no se puede realizar la unidad de producción no quedará ociosa ya que siempre existirá otra que si pueda ejecutar. El objetivo principal de la planificación intermedia es el control del flujo de trabajo, es decir, controlar el traspaso de los trabajos de una unidad de producción a otra, mejorando así la secuencia y evitando tiempos ociosos de ellas. Se debe determinar el intervalo de tiempo que abarcará la planificación intermedia, para luego desglosar el programa marco y determinar las actividades que se deben realizar durante ese periodo. Se deben identificar las restricciones que impiden la realización de la actividad, entre las más comunes se encuentran: diseño, materiales, mano de obra, equipos y herramientas, prerrequisitos, y calidad. Además a cada actividad se le asigna un responsable de ejecución y de seguimiento, quienes son responsables de liberar las restricciones. Otro punto importante durante la planificación intermedia es el de revisión, el cual determina el estado de las tareas con relación a sus restricciones y a la posibilidad de removerlas antes del comienzo programado de la actividad. Finalmente la última tarea de la planificación intermedia es la preparación de restricciones, en la cual el planificador debe tomar las acciones necesarias para remover las restricciones de las actividades, para que comiencen las fechas determinadas.

El **inventario de tareas ejecutables** (ITE) corresponde a todas las actividades que han sido liberadas de sus restricciones y se pueden comenzar a hacer.

La **programación semanal** tiene como objetivo controlar las unidades de producción, lo que permitirá progresivamente asignaciones de mayor calidad debido al aprendizaje continuo. Para que una asignación sea de calidad se deben observar las siguientes características: actividades bien definidas, secuencia de trabajo lógica para las actividades, la cantidad de trabajo seleccionada debe ser directamente proporcional a la cantidad que tenga la unidad de producción, los prerequisites que tenga la actividad deben haber finalizado. Como indicador de la calidad de las asignaciones se calcula el porcentaje de actividades completadas (PAC), que corresponde al número de actividades completadas que fueron programadas dividido por el total de actividades programadas para la misma semana, si la actividad se encuentra 100% realizada se le asigna un 1.

De este sistema se puede observar que la persona que efectivamente será el responsable de ejecutar el trabajo se compromete a realizarlo, generando un mayor compromiso grupal, ya que él sabrá que sus acciones no solo lo afectan a él, sino a toda la línea de trabajo que viene después y que requiere como prerequisite la actividad que el se comprometió a hacer. A continuación se muestra un esquema que resume todos los conceptos y etapas del sistema de planificación “Último Planificador”.



*Figura 7-4: Sistema Último Planificador*

3. **Análisis de costo de la calidad:** Se ha observado que el análisis de costo que lleva la empresa no es el más adecuado para determinar el costo total de la calidad, pues considera solo los costos generados por la mala calidad (no conformidades), es mas, de estos incluye únicamente los costos por trabajo rehecho dejando de lado factores importantes como los costos por desperdicios, y por retrasos. Es por eso que se recomienda implementar un sistema de análisis de costos de la calidad, que base su registro en una estructura de costos bien definida y que permita aplicar un criterio uniforme de identificación y clasificación de los costos de calidad. En este sistema de deben medir factores como: los costos de prevención y de evaluación.

En los costos de prevención se consideran todos aquellos que se realizan con el objetivo de evitar defectos y fallas, como los costos debido a cursos de capacitación realizados por los trabajadores, elaboración de material informativo, mantenimiento preventivo de maquinarias y equipos, entre otros.

En los costos de evaluación se deben considerar todos aquellos referidos a la medición, evaluación o auditoria de los productos, con el objetivo de asegurar el cumplimiento de las normas de calidad y los requisitos de diseño. Como por ejemplo inspecciones de materiales recibidos, pruebas de laboratorio, evaluaciones externas de los procesos.

La razón de implementar un sistema de control de costos como el que se acaba de explicar radica en desarrollar una forma de medir la calidad a través de “monetizar” los problemas y sus soluciones, logrando así que la dirección observe claramente los beneficios de implementar sistemas de gestión de la calidad.

## Capítulo 8 : Conclusiones

Durante esta investigación se ha dado cuenta de lo importante que resultan los sistemas de gestión de la calidad para las empresas, pues posibilitan la detección de lo que se hace bien y los puntos débiles, permitiendo la elaboración de planes de acción concretos, que traigan como consecuencia una mayor satisfacción del cliente. Es importante destacar que la organización en donde se realizó esta memoria cuenta con un sistema de gestión de calidad activo y que esta nace como consecuencia de un plan de mejoramiento continuo.

En este trabajo se analizaron las no conformidades del área civil de la organización, con el objetivo de encontrar sus causas raíces. Para esto se mostraron y aplicaron distintas herramientas de control y gestión de la calidad, tales como el diagrama de causa – efecto, el diagrama de relaciones y el diagrama de árbol, apoyadas por la técnica de la tormenta de ideas.

Del análisis de no conformidades realizado en el capítulo 4, se puede observar que las mayores deficiencias se encuentran en terreno, destacándose como causa inmediata: la mala ejecución de las actividades, la mala planificación / coordinación inadecuada y no seguir los procedimientos. Como causas básicas se pueden identificar: intento inapropiado de ahorrar tiempo y esfuerzo, falta de supervisión, e inspección de recepción deficiente, entre otras. Además se observó que los procesos más afectados por las no conformidades fueron: el hormigonado, la colocación del moldaje, el movimiento de tierras y la instalación de insertos, cabe destacar que estos coinciden con las actividades más relevantes de un proyecto civil. Con lo mencionado anteriormente se identificó la oportunidad de mejorar el desempeño del área terreno.

Dentro de las causas inmediatas más relevantes se encuentra “intento inapropiado de ahorrar tiempo y esfuerzo”, esta tenía una gran frecuencia y un costo elevado, sin embargo en este trabajo no se investigaron sus causas raíces pues se consideró que esta clasificación aporta muy poco a una investigación causal y se estima que puede ser utilizada por los jefes de calidad como una “muletilla” para evitar buscar la verdadera causa básica.

En análisis causal realizado en el capítulo 5 se puede destacar la utilidad de las diferentes herramientas para el control y gestión de la calidad utilizadas. A través del diagrama de causa -

efecto se pueden distinguir claramente las causas que contribuyen a producir un efecto indeseado, y relacionarlas con otras de manera de ir avanzando hasta encontrar las causas raíces. Por otro lado mediante el diagrama de árbol se obtiene una visión de los medios necesarios para resolver un problema. Finalmente el diagrama de relaciones permite distinguir las conexiones existentes entre las distintas causas de un determinado problema. Esta última herramienta permite profundizar en la materia que se está analizando de manera de obtener una visión más detallada, y así resolver problemas más complicados. Se debe indicar además que la técnica de la tormenta de ideas es muy útil para generar ideas sobre un determinado asunto.

En el capítulo 5 se identificó que las principales deficiencias se originaban por una supervisión deficiente, y una mala planificación. Es en esos campos donde existe la oportunidad de mejorar a través de implementar las propuestas realizadas posteriormente en el capítulo 7.

En el capítulo 6 se realizó un análisis de costo de las no conformidades, en donde se observó la importancia de tener un sistema que permita registrar las fallas que ocurren y posteriormente evaluar sus costos. Sin embargo como se expuso en ese capítulo no basta con obtener los costos del trabajo rehecho, sino que se deben analizar otros factores que inciden en estos como aquellos debido a desperdicios y retrasos. Además para determinar correctamente los costos de la calidad se deben considerar también los costos provenientes de la prevención y evaluación. En este aspecto la empresa tiene un gran trabajo por hacer.

En el capítulo 7 se elaboraron propuestas concretas que buscan mejorar la recolección de información en terreno, la ejecución de las actividades, y las dos principales causas raíces de no cumplimiento, la supervisión y la planificación. Se propuso implementar un nuevo sistema de planificación el cual trae un profundo cambio en la mentalidad actual del planificador, ya que los sistemas utilizados no se basan en planificar de acuerdo a los compromisos que pueden adquirir las personas, sino que son impuestos por quien planifica y es el quien determina lo que se puede hacer, y muchas veces asigna mas tareas de las que una unidad de producción puede realizar. Otra característica diferente radica en que su éxito se basa en el trabajo en equipo por sobre el individual. Por lo tanto es esencial que todos los involucrados tengan un real convencimiento de que el trabajo que realizaran y los esfuerzos de mejora continua rendirán fruto.



Al realizar el análisis de no conformidades se observó que sus causas se encontraban clasificadas de una manera estándar. Esta categorización no permite distinguir los procesos que generan la no conformidad, sino que le asignan de manera inmediata una causa, lo que trae como consecuencia un desconocimiento de las actividades que se están realizando de manera inadecuada. Esto provoca un grave problema, pues la organización elabora planes de acción basándose en la información que las obras envían mensualmente y si esta información no contempla la actividad o el proceso en donde se encontraron las deficiencias ¿Cómo elaborará una mejora sustancial en la ejecución? ¿De que forma se detectarán problemas en los procedimientos de trabajo existentes con el objetivo de mejorarlos? ¿Cómo capacito a los trabajadores si solo se que están ejecutando mal una actividad? Mas aún si se considera que la clasificación es igual para cada especialidad, y que por lo tanto al analizar las causas más repetitivas, ¿Qué especialidad tiene problemas de ejecución o de supervisión?. Para solucionar este problema se debe elaborar un listado de partidas relevantes por especialidad, tal como se propone en esta memoria para la especialidad civil, así se generaran análisis más específicos y se aprovecha de mejor manera la información del procedimiento ya implementado.

Durante el análisis realizado se encontraron numerosas no conformidades que no tenían la evaluación de costos que el procedimiento exige antes de aprobar el plan de acción, con lo que surgen las siguientes preguntas: ¿Por qué alrededor de un 45% de no conformidades no tiene la evaluación de costos? ¿Por qué los jefes de calidad de los distintos proyectos no realizan tan importante actividad? Una razón puede ser la escasa colaboración que entregan los administradores de obra en el tema de calidad. El punto que se acaba de mencionar es clave en la gestión de calidad, ya que si la administración no está adecuadamente involucrada y no hace exigencias con relación a la información, los demás trabajadores de la empresa sienten que la calidad es una carga de trabajo adicional y no ven los beneficios que esta trae. Para evitar este comportamiento es necesario que la administración solicite la información necesaria y reaccione rápidamente ante los problemas y fallas. Consiguiendo entonces que la actividades de calidad se vuelvan un aspecto natural de trabajo.

Lo anterior evidencia que los sistemas de gestión de la calidad no funcionan si la dirección de la empresa no esta involucrada, puesto que a pesar de los esfuerzos personales por aplicarla no se verán los resultados ya que se frenaran al no encontrar el apoyo administrativo necesario.

A pesar de las dificultades propias de la industria de la construcción es posible desarrollar un sistema de gestión de la calidad efectivo y eficiente, mediante el cual se avance gradualmente en mejorar la satisfacción del cliente. Esto demuestra que la calidad esta íntimamente ligada a la producción y que por lo tanto no se debe ver como una carga sino como una herramienta que facilitará la ejecución de las distintas tareas.

El estudio permitió desarrollar y aplicar una metodología para la determinación y análisis de las causas raíces de las no conformidades. El desarrollo y obtención de herramientas como las del presente trabajo demuestra que la calidad no sólo se controla sino que también se gestiona, mediante establecer pautas comunes que permitan su comprensión y aplicación por parte de todos los trabajadores de la organización.

A continuación se exponen las propuestas concretas que la empresa debe realizar:

- Modificar la planilla de estatus de no conformidades mediante añadir una columna de procesos civiles para mejorar la recolección de la información en terreno.
- Coordinar la entrega de los planos de mallas de tierra con el cliente o con la especialidad encargada de estos.
- El topógrafo debe verificar la ubicación de insertos y armadura de refuerzo.
- Crear una cuadrilla especializada en la colocación de moldaje que realice todas las tareas necesarias durante este proceso.
- Capacitar a la mano de obra sobre el vaciado y vibrado correcto del hormigón. Se deben elaborar pautas de supervisión para este proceso.
- Capacitar a los administradores de obra sobre ejercer un liderazgo efectivo y comprometido con respecto a la calidad.
- El jefe de terreno debe comunicación constante con los supervisores y con las personas de oficina técnica a través de reuniones de coordinación eficientes.

- El jefe de oficina técnica debe conocer plenamente la programación de la obra.
- Capacitar a jefes de calidad en el procedimiento de no conformidad, acción correctiva y preventiva, recalcando el tema de los costos de la mala calidad.
- El jefe de bodega debe verificar que los materiales ingresados cumplan con los requerimientos de calidad especificados.
- Al inicio de la faena todos los participantes deben participar de una reunión en donde se realice un análisis valorativo del proyecto.
- Evaluar a todos los supervisores de la especialidad civil.
- Adoptar e implantar liderazgo en los supervisores.
- Crear vías de comunicación fluidas entre los supervisores y sus superiores, y los supervisores con sus subalternos.
- Implementar el sistema del Último Planificador en la programación de los proyectos.
- Implementar un sistema de gestión de costos de calidad.

## Capítulo 9 : Bibliografía

**Acevedo Iñiguez Daniela**, 2004. Tesis: “*Mejoramiento de calidad en una empresa constructora: análisis de los efectos de la publicación de un indicador de inspección de un proyecto*”. Departamento de Ingeniería Civil. Universidad de Chile.

**Alarcón L.**, *Collaborative implementation of lean planning systems in chilean construction companies*.

**Alarcón L.**, *Implementing Lean Construction: Improving downstream*.

**Alarcón L.**, *Learning from collaborative Benchmarking in the construction industry*.

**Breve Inostroza R**, 2001. Tesis de Magíster: “*Sistema de gestión de costos de mala calidad y proyectos de mejoramiento continuo*”. Departamento de Ingeniería Industrial. Universidad de Chile. Chuquicamata, Agosto de 2001.

**Coqui Díaz Leonardo**, 2005. Tesis: “*Desarrollo e introducción de un sistema de costos de calidad en una empresa constructora chilena*”. Departamento de Ingeniería Civil. Universidad de Chile.

**Diaz Daniela**, 2007. Tesis: “*Aplicación del sistema de planificación Last Planner a la construcción de un edificio habitacional de mediana altura*”. Departamento de Ingeniería Civil. Universidad de Chile.

**Deming W. E.**, *Calidad, productividad y competitividad. La salida de la crisis*, Cambridge University Press, 1986.

**Feigenbaum A.V.**, *Control de calidad total*, McGraw-Hill, Nueva York, 1991.

**Ferrada Dávila C.**, *Mejora continua de sistemas de gestión*, Qualimet Limitada, 2004.

**Juran J.M., Gryna F.M.,** *Manual de control de la calidad de Juran*, McGraw-Hill, Nueva York, 1988.

**Juran J.M., Gryna F.M.,** *Planificación y análisis de la calidad*, McGraw-Hill, Nueva York, 1993.

**Karna S., Junnonen J., Kankainen J.,** *Customer satisfaction in construction.*