



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL**

**DESARROLLO DE SOFTWARE PARA EL CONTROL DE DOCUMENTOS Y CONTROL
DE HORMIGONES EN OBRA, PARA EMPRESAS CONSTRUCTORAS CON
ACREDITACION ISO 9001:2000.**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

RICARDO ENRIQUE ROJAS PIZARRO

**PROFESOR GUÍA:
CARLOS AGUILERA GUTIERREZ**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
IVAN BEJARANO BEJARANO
MARCO RIVAS SILVA**

**SANTIAGO DE CHILE
ABRIL 2007**

AGRADECIMIENTOS

Durante el transcurso de esta memoria, debo agradecer a todas las personas que de alguna manera han cooperado con su conocimiento e ideas, en especial agradezco a los profesores de mi comisión, ya que siempre tuvieron la disponibilidad de atenderme y discutir sobre los distintos temas que se han tratado en esta.

Cómo nota aparte, existe un agradecimiento especial a mi familia, no sólo para terminar este trabajo de título, sino en cada etapa de mi vida. Agradezco a mi madre, por ser el mejor jefe que he tenido y el gran apoyo para mis decisiones. A mi padre y hermanos, por tener la paciencia de escucharme.

Cómo se dice por ahí, los amigos son la familia que uno elige. No creo equivocarme en creer que he encontrado personas realmente valiosas a lo largo de mi vida. Agradezco a mis amigos del colegio, Alejandro y Andrés, ya que más que amigos los considero unos hermanos. A los otros que fui conociendo en el transcurso de la carrera, de los que destaco a los más cercanos Héctor, Alonso, Bárbara, Cristian, Isabel, Claudia, Carmina.

Agradezco a la vida en general, por la suerte de poder toparme con todas estas personas, a las oportunidades y sobre todo a cada experiencia, que buena o mala, siempre me sirvió para darme cuenta que cada día es una posibilidad de seguir aprendiendo y descubriendo los distintos caminos que lleva este largo viaje.

.....Gracias a todos.

INDICE

	Pág
Capitulo I. Introducción.....	3
1.1 Objetivos Generales.....	5
1.2 Objetivos Específicos.....	6
1.3 Metodología.....	7
Capitulo II. Enfoque y requerimientos que exige la norma ISO 9001-2000.....	9
2.1 Norma ISO 9000-2000.....	12
2.1.1 Satisfacción del Cliente.....	14
2.1.2 Mejoramiento Continuo.....	14
2.1.3 Requerimientos de la norma.....	15
Capitulo III. Diseño y Herramientas del software de control de documentos....	18
3.1 Introducción.....	18
3.1 El Problema.....	19
3.2 El Diseño.....	23
3.3 El Programa.....	25
3.4 Conclusiones del capitulo.....	35

Capítulo IV. Control del proceso de Hormigonado.....	36
4.1 Introducción.....	36
4.2 Los procesos en la construcción.....	37
4.3 El proceso de Hormigonado. Etapas para el Mejoramiento Continúo.....	40
4.3.1 Reducir la variabilidad.....	40
4.3.2 Simplificación mediante la minimización de los pasos.....	41
4.3.3 Enfocar el Control al proceso completo.....	42
4.3.4 El mejoramiento continuo al proceso.....	42
4.4 Pérdidas en el proceso.....	43
4.5 Nuevas tecnologías para el control del proceso de hormigonado.....	47
4.5.1 Factibilidad Técnica.....	49
4.5.2 Beneficios que se alcanzarían.....	50
4.5.3 Factibilidad Económica.....	51
4.6 Conclusiones del capítulo.....	57
Capítulo V. Discusión y Conclusiones.....	59.
Bibliografía.....	64
Apéndices.....	65
Apéndice A1.....	66
Apéndice A2.....	68

CAPITULO I. Introducción

Cuando hablamos de un proyecto de construcción, lo primero que podemos pensar es en las múltiples actividades que lo conforma, esto es la piedra angular a la hora de poder hacer una evaluación del estado actual de la industria en Chile. Este sin número de actividades, ha permitido documentar en gran medida los problemas en la comunicación y procesamiento de la información en las distintas partes que involucra un proyecto de construcción. Lo anterior, también ha permitido que muchas empresas, sobre todo las más importantes, hayan innovado en tecnologías de la información (IT) con resultados muy positivos, otras por su parte, han aportado con su cooperación a proyectos relacionados con desarrollo de nuevas tecnologías (CalidadOnLine, Sistema Calibre 21, Benchmarking, entre otros) y en el área privada se ha visto en el manejo de la información un buen negocio (PlanOK).

Las tecnologías de la información y comunicación (ITC) recién están siendo usadas como una herramienta para reducir o solucionar algunos problemas generados por la desfragmentación de la que hablábamos, y al gran flujo de comunicación que existe al interior de los proyectos de construcción. Dentro de este último avance de la tecnología, debemos destacar el uso creciente de herramientas con aplicaciones basadas en Internet, esto no sólo compete a la industria de la construcción, pues es la masificación de un nuevo medio de comunicación. Aunque esta memoria no se basa en tecnologías de Internet, es importante destacar como este medio de comunicación cambiará la forma en que la empresas comunican, administran y gestionan su información, según el

creador de la World Wide Web, Tim Berners-Lee¹, el siguiente paso para la Internet es la Web semántica, donde los computadores no sólo serán capaces de presentar información contenida en paginas Web, sino que además, podrán “entender” dicha información, así, lo que hasta ahora había sido básicamente "un medio de documentos para personas" pasará a ser un sistema de datos e información que se podrán procesar automáticamente.

Este creciente uso de tecnologías, tiene dentro de sus explicaciones, la adopción de normas de calidad internacional, entre las que destaca la norma ISO 9001:2000, no sólo en nuestro país, sino también en el mundo. Surgida a finales de los ochenta en Europa, cuenta con más de 300.000 mil compañías certificadas y casi no tiene competencias. Esta norma, al igual que otras de la misma naturaleza, basan sus resultados en la materialización de un sistema de gestión de la calidad, lo que según profesionales de la compañía certificadora internacional puede definirse como: «Gestión es materializar las estrategias desarrolladas por las compañías y hacerlas compatibles con la satisfacción de los mandantes. Por su parte, calidad desde el punto de vista del comprador es el grado de expectativa de acuerdo con el cumplimiento de los requisitos del cliente y de la legislación vigente aplicada a ese rubro. Gestión de la calidad es una combinación entre ambos objetivos donde la compañía requiere alcanzar niveles de calidad satisfactorios para los clientes y en línea con sus propias necesidades» (revista BIT art.49, Julio 2006).

¹ [http://www.baquia.com /com/20010523/art00008.html](http://www.baquia.com/com/20010523/art00008.html)

Con los antecedentes anteriores, el presente trabajo mostrará el desarrollo de un software para el control de documentos en obra (Capítulo III), basado en los requerimientos que impone la norma ISO 9001:2000 (Capítulo II), destacando las diferencias que existe entre este y los métodos actualmente usados en las obras de construcción nacionales (planillas Excel), poniendo énfasis en los requerimientos para su uso y las herramientas que puede entregar.

En una siguiente etapa, se explicarán los fundamentos para el control de un proceso tan importante como el de hormigonado (Capítulo IV), para lo cual se darán las pautas del mejoramiento continuo del que habla la norma ISO 9001:2000, proponiendo una herramienta para el control del proceso en terreno, basada en tecnologías móviles, dando una evaluación técnico-económica para su uso.

1.1 Objetivos Generales

- Crear un software que permita tener un control sobre los documentos en obra, según normas ISO 9001-2000.
- Analizar los problemas en el control del proceso de hormigonado y evaluar la implementación de nuevas tecnologías, estableciendo metodologías de control y posterior administración de la información.

1.2 Objetivos Específicos

Control de documentos (Capítulo III)

- Ver como mejora la gestión en la obra en particular, a partir de la implementación de este nuevo sistema computacional.
- Controlar y administrar de manera eficiente grandes volúmenes de información.
- Agregar valor a la información generada en obra, a través la vinculación directa e inversa de los documentos.

Control del proceso de hormigonado (Capítulo IV)

- Determinar requerimientos necesarios para realizar un real mejoramiento continuo de los procesos constructivos.
- Establecer los problemas actuales para el control de los procesos.
- Proponer un sistema basado en el uso de tecnologías móviles (PDA's) y cámaras digitales, para el control del proceso de hormigonado.
- Entregar un análisis técnico-económico del uso de estas tecnologías.

1.3 Metodología

La metodología estuvo basada en constantes visitas a obras, tanto de construcción habitacional, montaje e industriales. Se muestreo una obra de gran envergadura en la región metropolitana, tanto por la obra misma (torre principal de 60 pisos) como por la duración que va a tener (casi 3 años). Se decidió implementar el software, ya que se estima que en este proyecto se controlarán más de 25.000 planos e igual cantidad de otros documentos, lo que hace que una herramienta convencional (Excel) quede totalmente inoperante. En el caso del procedimiento de hormigonado, es tal la envergadura de la obra, que la empresa premezcladora ha colocado una planta en terreno para poder suplir las requerimientos por este material. Con estos antecedentes, el desarrollo del software contó con la más variada información por parte de los profesionales de la obra, al igual que para el control del proceso de hormigonado. Las etapas dentro de la metodología fueron:

Control de Documentos

- Recopilación de antecedentes: Esta se baso en documentos relacionados con la informática, en especial con teorías como el Data mining y el Data Warehousing, sin embargo, rápidamente se decidió utilizar sólo los requerimientos por parte de los usuarios, que es lo que se explicará en el capítulo III.
- Diseño del software: Una vez determinado el diseño conceptual del software, se procedió a desarrollarlo en el lenguaje de programación Visual Basic 6.0, con un motor de bases de datos en Access.

- Pruebas del programa: Se realizaron múltiples avances del software, tanto para motivar a los usuarios, como para recopilar información de las funcionalidades del mismo. Los profesionales fueron de una gran importancia, pues en la medida que se realizaban demos del software, aportaron con una alimentación progresiva de nuevos y mejores requerimientos, que ayudaron a la diferenciación de este programa con respecto a otros del mercado.

Control de Hormigones

- Recopilación de antecedentes: Gracias a la colaboración de una de las empresas que participaron de este trabajo de título, se contó con el manual de gestión de la calidad de ella, conjuntamente con el procedimiento de hormigonado. Se estudiaron varias alternativas para mejorar el control, pero principalmente se estudió las deficiencias para llevar al terreno lo que decía el procedimiento anterior.
- Diseño: Basado en la experiencia aportada por el CDT de la cámara Chilena de la construcción, se determinó utilizar tecnologías móviles para mejorar el control del proceso en terreno, a través de la digitalización de los protocolos de calidad (experiencia ya realizada por la misma empresa) e incorporando registros fotográficos a estos.
- Factibilidad: Se realizó un análisis técnico económico de la factibilidad del uso de esta herramienta para el control.

Capítulo II. Enfoque y requerimientos que exige la norma ISO 9001-2000.

Calidad: Propiedad o conjunto de propiedades inherentes a algo, que permiten juzgar su valor².

La calidad es un concepto relativo y especialmente subjetivo, pues depende de cada persona el valor que le entrega a la calidad de un producto. En este sentido la calidad puede ser definida en cinco perspectivas (Ref. [8]):

- Cómo un concepto trascendente asociado a la imagen de excelencia de un cierto producto o servicio en comparación con otros. Dado que la excelencia es variable y subjetiva, este tipo de definición resulta poco útil desde un punto de vista operacional.
- Basada en el producto, según el nivel o categoría de los atributos deseados, es decir, el tamaño, potencia o valor podrían ser referentes de una mejor calidad, esto claramente no siempre es cierto.

² Definición según RAE.

- Basada en el usuario, es decir que el producto o servicio cumpla con lo requerido por el usuario. Esta es una definición de carácter funcional, por lo que es necesario definir que funcionalidades debemos pedir, antes de evaluar el producto, lo cual es poco práctico.

- Basada en la producción, según si el producto cumple o no con especificaciones previamente definidas. La calidad se mide de acuerdo al logro de la conformidad con las especificaciones. En este caso, las especificaciones son claves en cuanto a representar correctamente los requerimientos de los usuarios. Existen casos en que productos perfectamente conformes con sus especificaciones, no satisfacen los requerimientos de los usuarios.

- Basada en el valor, es decir la relación entre la satisfacción o utilidad obtenida y el precio pagado por el producto o servicio. El valor sólo puede ser evaluado por cada cliente.

Por lo tanto, de acuerdo a lo anterior, es el cliente el que determinará la calidad de un producto, esto basado en las expectativas o requerimientos que él tenga, en función del desempeño que el producto puede entregar.

La calidad permite mejorar la competitividad de una empresa, ya que mejora la relación con los clientes, aumenta las utilidades y reduce los costos. Escuchar a los clientes y desarrollar relaciones duraderas con ellos, medir el desempeño, incentivar las competencias de los empleados, diseñar y entregar productos y servicios que

satisfagan las necesidades de los clientes, y el liderazgo, son los verdaderos impulsores de la calidad y por consiguiente, de la satisfacción del cliente y de los resultados de la empresa.

En la actualidad son muchas las empresas constructoras que han buscado sistemas de certificación para la calidad de sus productos (70, revista BIT nº 42, mayo 2005). Desde la década de los noventas, las empresas constructoras han comenzado procesos de acreditación con normas de calidad, en su mayoría internacionales, esto influenciado por una mayor competencia.

Otro factor importante para acreditarse a través de estas normas, es el mayor control sobre lo que ocurre en terreno. A diferencia de otros sectores productivos, en el sector de la construcción, existe una baja tasa de control sobre las distintas etapas del proyecto, pues cada obra en terreno funciona a través de una administración propia, convirtiéndose en una empresa en si misma. Esto último, asociado al corto periodo de trabajo, lleva a que existan pocos sistemas de control sobre los procesos constructivos, lo que sumado a la baja seguridad en las actividades realizadas por el personal, provoca que se busque en las normas de calidad una herramienta positiva.

2.1 Norma ISO 9000-2000

La norma ISO 9000 fue publicada en su primera versión el año 1987, la segunda el año 1994, hasta llegar a la versión actual del año 2000. La ISO 9000-2000 es una serie de tres normas internacionales, generadas por la ISO (Internacional Organization for Standardization), para sistemas de gestión de la calidad (Ref. [8]):

- ISO 9000 Sistemas de gestión de calidad – Fundamentos y vocabulario. Esta provee una descripción de los principios fundamentales de los sistemas de gestión de la calidad y una explicación de la terminología utilizada en la familia de normas
- ISO 9001 Sistemas de gestión de calidad – Requerimientos. Esta establece los requerimientos que, si son cumplidos, permiten a las organizaciones demostrar que tienen la capacidad de proveer en forma consistente, productos y servicios que cumplen con los requerimientos de los clientes y con las regulaciones aplicables. Esta es la norma real contra la cual una empresa puede certificarse.
- ISO 9004 Sistemas de gestión de calidad – Directrices para la mejora del desempeño. Esta entrega una guía para mejorar el desempeño general de una organización.

La ISO 9000 fue concebida para mejorar las prácticas de gestión de una organización y facilitar la comprensión mutua de los requerimientos de un sistema de gestión de la calidad en el comercio nacional e internacional. El propósito central de la norma, es ayudar a las empresas, de cualquier tipo, a implementar y operar eficazmente estos sistemas. Para ello, la norma especifica los requerimientos y recomendaciones para el diseño y evaluación del sistema definiendo prácticas de negocio probadas y universalmente aceptadas para asegurar que una empresa comprende y cumple las necesidades de sus clientes de una forma consistente. Es fundamental aclarar que esta norma no es aplicable a productos o servicios, dado que no contiene criterios de aceptación a este respecto.

El proceso de certificación bajo esta norma, que no es un requerimiento de la norma propiamente tal, se generó por la necesidad de los clientes de verificar la capacidad de sus proveedores para cumplir con sus requerimientos. A su vez, la certificación, siendo una evaluación objetiva y reconocida internacionalmente, permite a un proveedor demostrar dicha capacidad frente a clientes a nivel global.

De acuerdo a lo expresado en la norma ISO 9001-2000, el enfoque que se le asigna a la norma, esta basado en el de procesos, esto quiere decir, según extracto de la norma, “Para que una organización funcione de manera eficaz, tiene que identificar y gestionar numerosas actividades relacionadas entre sí. Una actividad que utiliza recursos, y que se gestiona con el fin de permitir que los elementos de entrada se transformen en resultados, se puede considerar como un proceso. Frecuentemente el resultado de un proceso constituye directamente el elemento de entrada del siguiente proceso”.

Un enfoque de este tipo, cuando se utiliza dentro de un sistema de gestión de la calidad, enfatiza la importancia de (Ref. [1]):

- a) la comprensión y el cumplimiento de los requisitos,
- b) la necesidad de considerar los procesos en términos que aporten valor,
- c) la obtención de resultados del desempeño y eficacia del proceso, y
- d) la mejora continua de los procesos con base en mediciones objetivas.

2.1.1 Satisfacción del Cliente

Los clientes son el activo más importante de una organización y una prioridad esencial. Mantener vínculos de lealtad y cooperación son fundamentales, el enfoque principal de la norma esta en la satisfacción del cliente, entendiendo que son ellos los que evalúan a fin de cuenta la calidad del producto

2.1.2 Mejoramiento Continúo

El mejoramiento continuo es el proceso por el cual se busca mejorar el desempeño, de modo de aumentar la competitividad. Se consideran dos ámbitos: interno y externo.

- El mejoramiento interno, corresponde a los esfuerzos por reducir las pérdidas de los procesos, por medio de un mejor uso de los recursos, eliminando las actividades que no agregan valor.
- El mejoramiento externo, se orientan a mejorar la calidad del producto para el cliente, mejorar la calidad de servicio, agregar valor al producto, etc. En general este tipo de mejoramiento permite aumentar la satisfacción de los clientes y la participación de mercado de la empresa.

2.1.3 Requerimientos de la norma.

La norma requiere que un sistema de gestión de la calidad sea documentado, de modo de darle un nivel de formalización. Según la norma, la documentación permite la comunicación del propósito y la coherencia de la acción. Así mismo, la norma indica que la documentación no debe ser un fin en si mismo, sino que debe aportar valor a la organización.

Sin embargo, en la práctica la documentación ha pasado a ser un elemento dominante de los sistemas de gestión de la calidad, produciendo una confusión respecto a su real valor. Así, en los procesos de implementación del sistema, la medición del progreso del sistema se realiza en función de la documentación completada, asumiendo equivocadamente que existe una relación directa entre ella y la capacidad del sistema de cumplir los requerimientos de los clientes. Como resultado de esta situación se produce frustración en los participantes y en la dirección superior al no lograrse los beneficios que la norma promueve.

Una situación similar se produce cuando el énfasis del desarrollo de los procedimientos del sistema se coloca en “definir algo” más que en “lograr algo”. Por lo tanto, en muchas ocasiones se produce la percepción de que cuando se genera un procedimiento, la tarea se ha completado, sin buscar que el resultado final sea la capacidad de lograr un desempeño específico de importancia para la organización. La misma norma indica que un procedimiento es la forma especificada para llevar a cabo una actividad o un proceso. Esa forma especificada debe ser definida por la organización con el objeto de lograr el nivel deseado de desempeño. (Ref. [8])

Es importante notar que la norma establece los requisitos mínimos que debe cumplir un sistema de gestión de la calidad.

Los requisitos de la norma ISO 9001, pueden agruparse en cinco categorías principales:

1. Requisitos asociados al sistema de gestión de la calidad
2. Requisitos asociados a la responsabilidad de la dirección de la empresa
3. Requisitos asociados a la gestión de los recursos
4. Requisitos asociados a la realización del producto
5. Requisitos asociados a la medición, análisis y mejoramiento.

De acuerdo a las necesidades de esta memoria, sólo se presentarán los requerimientos para el control de documentos y producto no conforme. Lo siguiente son los requisitos que plantea la norma ISO 9001:2000.

Los documentos requeridos por el sistema de gestión de la calidad deben controlarse, tratando de cumplir con:

- a) aprobar los documentos en cuanto a su adecuación antes de su emisión,
- b) revisar y actualizar los documentos cuando sea necesario y aprobarlos nuevamente,
- c) asegurarse de que se identifican los cambios y el estado de revisión actual de los documentos,
- d) asegurarse de que las versiones pertinentes de los documentos aplicables se encuentran disponibles en los puntos de uso,
- e) asegurarse de que los documentos permanecen legibles y fácilmente identificables,
- f) asegurarse de que se identifican los documentos de origen externo y se controla su distribución, y

g) prevenir el uso no intencionado de documentos obsoletos, y aplicarles una identificación adecuada en el caso de que se mantengan por cualquier razón.

Para el control de las no-conformidades del proceso, tenemos:

- a) tomar acciones para eliminar la no conformidad detectada;
- b) autorizar su uso, liberación o aceptación bajo concesión por una autoridad pertinente y, cuando sea aplicable, por el cliente;
- c) tomar acciones para impedir su uso o aplicación originalmente prevista.

De acuerdo a todos estos requisitos, se mostrará el desarrollo del software para el control de documentos (Capítulo III) y la herramienta para el control del proceso de hormigonado basada en tecnologías móviles (Capítulo IV).

CAPITULO III. Diseño y Herramientas del software de control de documentos.

3.1 Introducción

Desde la aparición de los computadores y su posterior masificación en los años 80's, las distintas organizaciones han usado los datos de sus sistemas operacionales, para atender sus necesidades de información. Esto ha derivado en el creciente auge de innovaciones en el área de la informática y corrientes de investigación para mejorar la administración y posterior gestión sobre la información (DataMinig, Data WareHousing, etc.). Son estas tecnologías, unidas a un mejor conocimiento de los usuarios, lo que determina el éxito de una herramienta computacional (Ref. [3]).

En la actualidad existen varios programas diseñados para la administración de documentos, algunos de ellos exclusivamente para la industria de la construcción. Los resultados hasta la fecha han sido bastante positivos, ya que han mejorado la organización y manejo de la información y documentos, que hasta hace unas décadas atrás se hacía a mano y muchas veces se almacenaba en bodegas, perdiendo el gran valor que se le entrega hoy al conocimiento. Dentro de los países que más han apostado en innovaciones de tecnologías para información (IT), en el rubro de la construcción, se encuentran los países como Inglaterra, España, Japón y EE.UU. En nuestro país por su parte podemos destacar dos casos de herramientas digitales para el almacenamiento y control de documentos en la industria de la construcción:

- **PlanOk:** Servicio de administración de documentos vía Internet, sobre la base de una herramienta de administración. Esta permite almacenar, publicar y compartir todo tipo de documentos y archivos.
- **CalidadOnLine (CDT de la cámara Chilena de la construcción):** Plataforma de administración y control de protocolos de calidad digital, basados en tecnologías móviles (PDA's). Permite evaluar el impacto de las No-Conformidades en una obra, a través de la Web.

Estas herramientas han penetrado con fuerza en el mercado nacional, sin embargo, existe aún cierta suspicacia con respecto a los reales beneficios que ellas entregan. Sin lugar a dudas, en la medida que las empresas constructoras aumenten sus procesos de certificación de calidad o deseen ser más competitivas, deberán invertir e innovar en mejorar sus sistemas de administración de documentos, ya que lo que ocurre en terreno esta directamente vinculado a cómo se maneja la información al interior de la oficina técnica.

3.1 El Problema.

Antes de la aparición de todas estas tecnologías y luego de la simplificación de los sistemas operativos, sin duda la herramienta por excelencia hasta el día de hoy, para administrar datos e información al interior de las empresas, ha sido Excel. Este programa basado en una disposición matricial de los datos, más múltiples herramientas de cálculo y procesamiento de listas, permitió dar un salto gigante en cómo se administraba la información al interior de la obra. Este primer cambio tecnológico permitió pasar del papel a la planilla digital Excel.

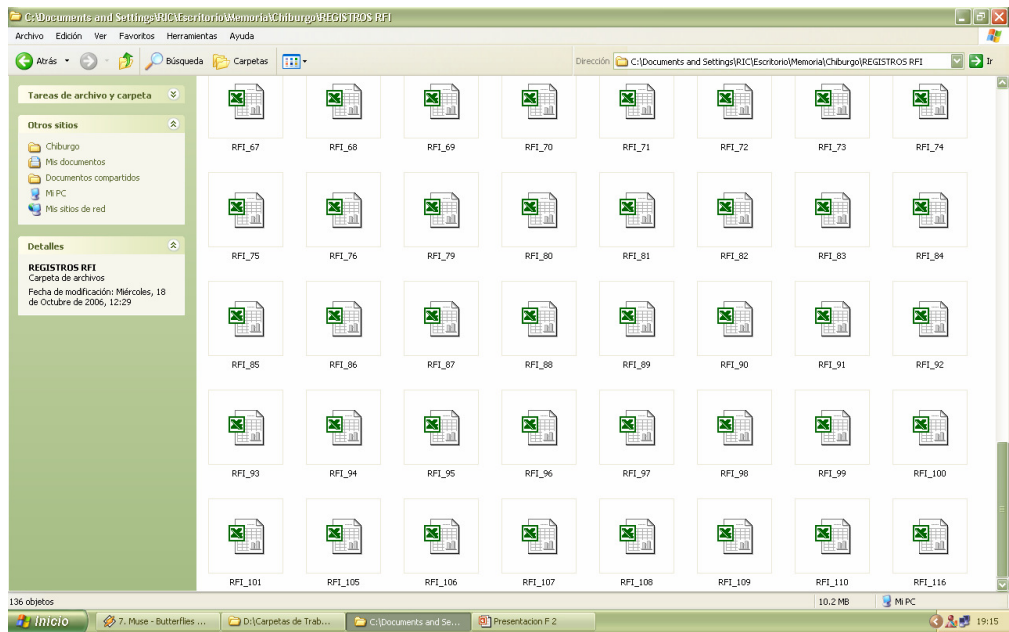


Figura 1. Hojas para la identificación de las RFI.

ITEM	DESCRIPCIÓN	FECHA REVISIÓN	FECHA RECEPCIÓN	NOTA	OBS	REV	FECHA REVISIÓN	FECHA RECEPCIÓN	NOTA	OBS	REV	FECHA REVISIÓN	FECHA RECEPCIÓN	NOTA	OBS	REV	FECHA REVISIÓN	FECHA RECEPCIÓN	NOTA	OBS
1	Guionario	B	02-10-2006	02-10-2006	04	LISTACION														
2	Guionario	B	02-10-2006	02-10-2006	04	LISTACION														
3	Guionario	C	02-10-2006	02-10-2006	04	LISTACION														
4	Guionario	D	02-10-2006	02-10-2006	04	LISTACION														
5	Guionario	E	02-10-2006	02-10-2006	04	LISTACION														
6	Guionario	F	02-10-2006	02-10-2006	04	LISTACION														
7	Guionario	G	02-10-2006	02-10-2006	04	LISTACION														
8	Guionario	H	02-10-2006	02-10-2006	04	LISTACION														
9	Guionario	I	02-10-2006	02-10-2006	04	LISTACION														
10	Guionario	J	02-10-2006	02-10-2006	04	LISTACION														
11	Guionario	K	02-10-2006	02-10-2006	04	LISTACION														
12	Guionario	L	02-10-2006	02-10-2006	04	LISTACION														
13	Guionario	M	02-10-2006	02-10-2006	04	LISTACION														
14	Guionario	N	02-10-2006	02-10-2006	04	LISTACION														
15	Guionario	O	02-10-2006	02-10-2006	04	LISTACION														
16	Guionario	P	02-10-2006	02-10-2006	04	LISTACION														
17	Guionario	Q	02-10-2006	02-10-2006	04	LISTACION														
18	Guionario	R	02-10-2006	02-10-2006	04	LISTACION														
19	Guionario	S	02-10-2006	02-10-2006	04	LISTACION														
20	Guionario	T	02-10-2006	02-10-2006	04	LISTACION														
21	Guionario	U	02-10-2006	02-10-2006	04	LISTACION														
22	Guionario	V	02-10-2006	02-10-2006	04	LISTACION														
23	Guionario	W	02-10-2006	02-10-2006	04	LISTACION														
24	Guionario	X	02-10-2006	02-10-2006	04	LISTACION														
25	Guionario	Y	02-10-2006	02-10-2006	04	LISTACION														
26	Guionario	Z	02-10-2006	02-10-2006	04	LISTACION														

Figura 2. Planilla para el control de planos y especificaciones técnicas.

Sin embargo, y debido a la incorporación creciente de los sistemas de calidad e implementación de un manual de gestión de la calidad, por la acreditación de normas como la ISO 9001:2000, ha llevado a que la cantidad de documentación controlada y la forma en que se debe gestionar la información, hagan de Excel una herramienta muy "rígida". La mayor cantidad de proyectos importantes y de gran envergadura junto a la

mayor comunicación digital con los distintos actores en un proyecto de construcción, ha terminado por incentivar la búsqueda de nuevas herramientas para el control de la información.

Como se dijo en la introducción de este capítulo, estas herramientas ya existen, sin embargo una parte importante del problema de controlar los documentos en obra, aún persiste, entonces surge la pregunta de ¿por qué esta situación no ha podido ser solucionada, pese a que las líneas teóricas y herramientas están disponibles y en otros rubros han solucionado el problema de almacenamiento, administración y gestión de grandes volúmenes de información (Bancos, Isapres, AFP por ejemplo)?, la respuesta no es sencilla, ya que ha sido debate en múltiples foros, seminarios, reuniones al interior de las empresas y obra. En esta memoria se analizaron algunos problemas derivados de cómo funciona realmente un proyecto de construcción en Chile. A continuación se describen:

- ***El mandante.*** La figura del mandante en el proyecto es quizás el punto más relevante a la hora de querer diseñar una herramienta computacional, ya que en la mayoría de los contratos, independiente de su naturaleza, el mandante puede exigir puntos en la documentación, comunicación o en los protocolos de calidad, que solo serán aplicados a ese proyecto, lo que hace que una herramienta “Standard” al global de las obras, termine en algunos casos siendo inoperante. Un ejemplo que se logró observar en un proyecto de envergadura, fue que por contrato, el mandante estipuló que la empresa que hizo la ingeniería sólo entregara los planos estructurales con copia original en papel, este hecho deja obsoleto cualquier medio de administración de documentos digitales.

- **El sistema de gestión de Calidad.** Cuando pensamos en calidad, inmediatamente lo vinculamos en un mayor control de las distintas etapas que tiene un producto. Este mayor control lleva consigo una cantidad de HH (horas hombre) asociadas a la inspección y elaboración de la documentación, que acredite que se han seguido las etapas según lo establecido en el manual de gestión de la calidad. Esto último agrega una gran cantidad de documentos que deben ser llenados por los distintos profesionales en la obra, documentos que muchas veces no han sido diseñados para las reales necesidades de inspección y control que se necesitan y que terminan transformándose en pérdidas de tiempo que van en desmedro de otras actividades ligadas a la gestión y en especial al mejoramiento continuo de los procesos.
- **Los usuarios.** Casi como algo inherente a todo sistema, los usuarios son y serán siempre los que entreguen la pauta para la aprobación o rechazo de cualquier cambio tecnológico. Según la experiencia recopilada en terreno y a partir de la numerosa información disponible en revistas especializadas (Revista BIT), la reticencia a utilizar nuevas tecnologías de la información no tiene asidero en la realidad, pues son cada vez más los profesionales que creen que la utilización de estas en la construcción son una necesidad, entonces, por qué cuesta tanto introducir estos sistemas y más aún, mantenerlos. La respuesta a la última pregunta se intentará dar en cómo se diseñó el software que se presenta en este tema de memoria, además del capítulo IV que trata del control en los procesos constructivos.

3.2 El Diseño.

El diseño de cualquier herramienta, debe sustentarse en establecer el flujo de los requerimientos de los distintos usuarios. En la figura 3 se muestra la interacción entre los distintos actores de un proyecto de construcción y los medios digitales actuales.

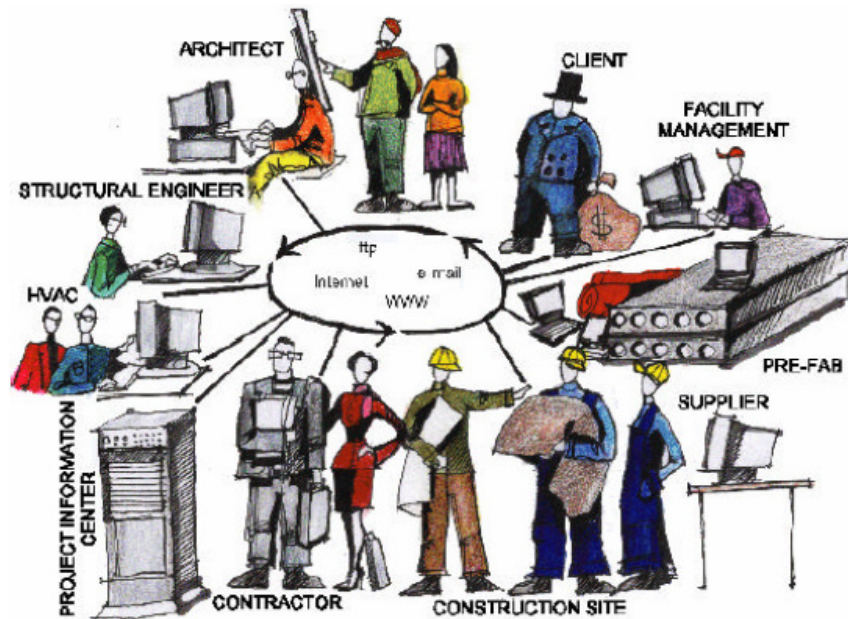


Figura 3. Actores involucrados en un proyecto de construcción. Figura de Minna Sunikka (Lakka y Sunikka, 1998).

También es necesario establecer qué y a quién se dirige la documentación. La Tabla 1 muestra esto último.

Produce la información	Fase del Proyecto	Forma de informar	Usuario a informar
Cliente	Concepcion	Propuesta	Arquitecto
Arquitecto	Factibilidad	Reporte	Cliente
	Diseño	Planos	Cliente, ITO, Ingeniero Calculista, Constructor
	Construcción	Revisión de Planos	
ITO	Operación	Manuales de operación y mantencion	Cliente, ultimo usuario
	Diseño	Reportes	Cliente, Ingeniero Calculista
	Construcción	Reportes	Cliente, Constructor
Constructor	Construcción	Informes de progreso y notas de reclamo	Cliente, ITO, Arquitecto
	Operación	Manual de mantencion	Cliente, Arquitecto
Empresas de suministro de materiales	Construcción	Fichas Tecnicas y Stock en bodegas	Constructor

Tabla 1. Relación y tipos de documentos entre los actores de un proyecto de construcción.

Modificando el esquema conceptual para el flujo de información, propuesta por Turk (1994), tenemos el siguiente diagrama de flujo, que es la referencia para el diseño (Ref.[3]).

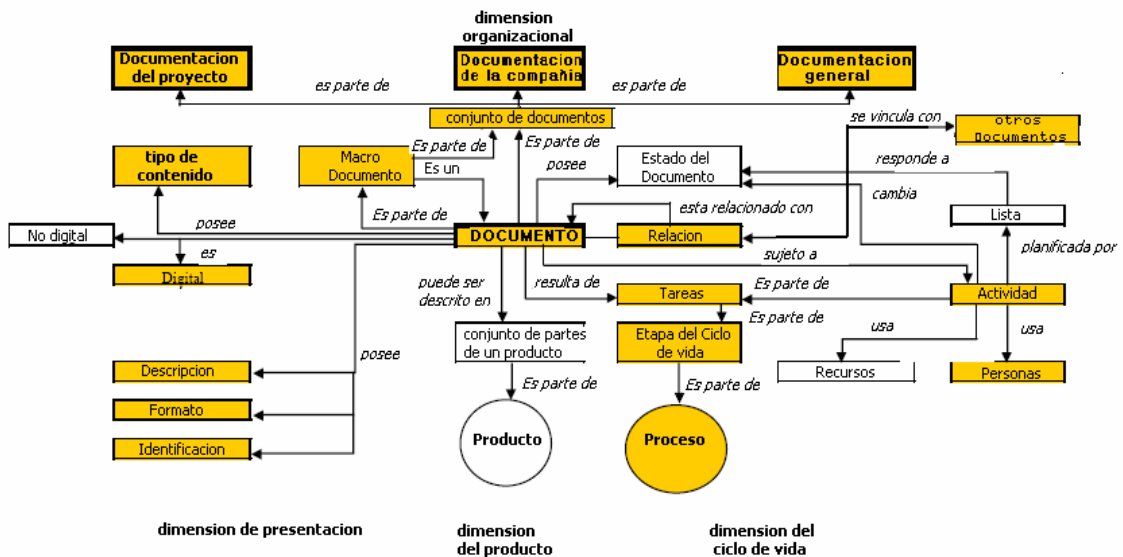


Figura 4. Esquema conceptual de flujo del documento. (Ref. [3])

En base a este flujo se ha considerado la siguiente arquitectura para el programa.

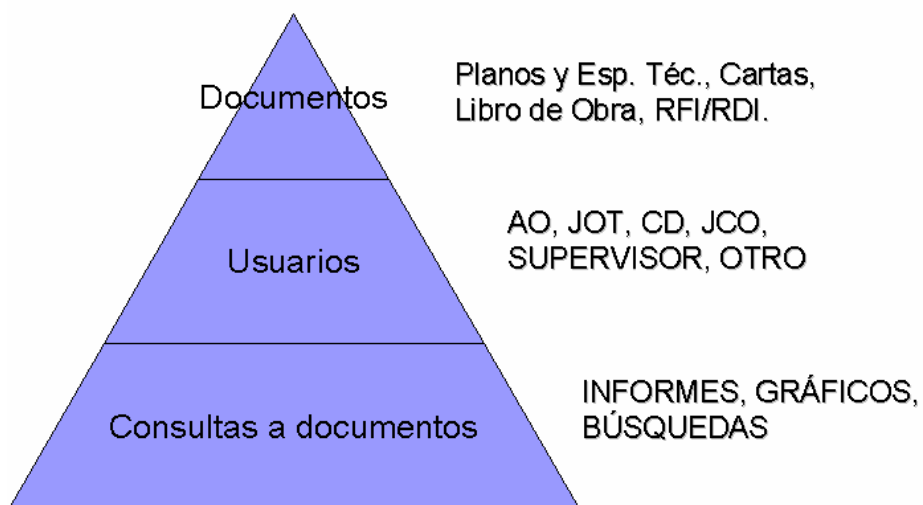


Figura 5. Arquitectura del programa.

Un aspecto importante dentro del diseño del programa, es el uso de un motor de bases de datos Access. Esto último hace que el programa no haya sido desarrollado para la Web, sino para el uso exclusivo de la intranet de la obra. Si bien lo anterior va en contra de la dirección en la que van la mayoría de los programas, esta decisión se tomó por algunos problemas detectados en terreno con la conectividad de ciertas obras de montaje electro-mecánico o industriales, las que por condiciones de terreno, no obtienen una estabilidad en la conexión a Internet suficiente para asegurar que una actividad tan importante como el control de la documentación, no se vea interrumpida.

3.3 El Programa.

Basado en el lenguaje de programación Visual Basic, con un motor de bases de datos en Access, y a partir de la recopilación de antecedentes en obras donde se implemento la herramienta, más la información técnica de artículos relacionados con el control de documento en obra, informática y los requerimientos de la norma ISO 9001:2000, pero especialmente atendiendo a las necesidades detectadas por lo usuarios, algunos de los cuales habían probado otros programas para el control de documentos, se obtuvieron los siguientes resultados:

1. Definición de usuarios: La definición de usuarios en el programa, no sólo permite controlar los permisos de administración, que es lo que hacen muchos de los programas ya existentes, sino también nos da la posibilidad de entregar la información de forma que el usuario maneje sólo la parte que realmente le es útil dentro de toda la información existente. Esto último, es sin duda un hecho importante, ya que se consigna como la satisfacción del cliente, que es parte del enfoque de la norma ISO 9001:2000, entendiendo como cliente al usuario del sistema y el producto al sistema mismo.

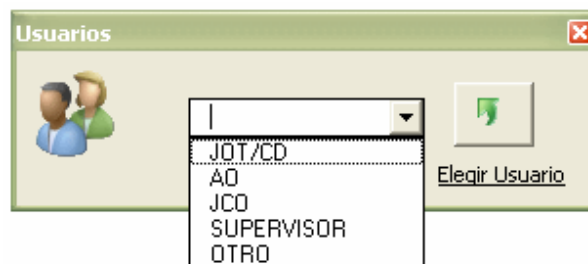


Figura 6. Definición de Usuarios.

2. Interfaz Gráfica: Dentro de todo desarrollo computacional, la interfaz gráfica juega un papel importante, ya que puede motivar o desmotivar el uso del programa o sistema computacional. Una interfaz agradable y principalmente sencilla, siempre tendrá mejor acogida por parte de los usuarios.

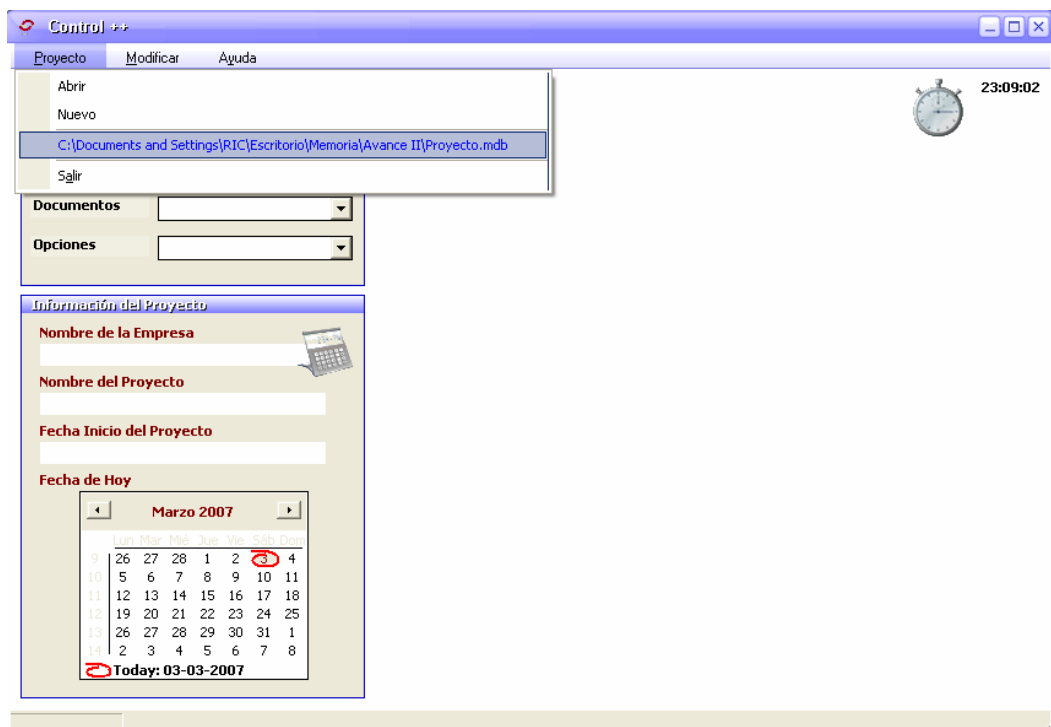


Figura 7. Interfaz gráfica.

- 3. Campos de un documento:** Definir cuales y cómo se van a mostrar los campos para cierto documento, sólo se puede establecer después de varias pruebas, consulta a los usuarios, requerimientos de los contratos y normas utilizadas. El éxito de un sistema que controle la información en una obra, esta en la capacidad de ser **un sistema flexible**.

Figura 8. Establecer campos necesarios.

Figura 9. Flexibilidad en los campos.

4. **Vinculación con otros documentos:** Establecer vínculos entre los distintos documentos, es lo que separa este software de ser un administrador de documentos, a ser un sistema que gestiona la información generada al interior de la obra. La vinculación de documentos se ha tornado en una necesidad, debido al ciclo de vida que tienen actualmente los documentos. Esto queda de manifiesto en la correspondencia, donde una carta puede hacer referencia a un tema tratado en múltiples otras cartas y no tener cerradas ninguna de las anteriores, es decir, el documento se encuentra vinculado a una larga lista de otros documentos que aún se encuentran “abiertos” o “vivos”.

The screenshot shows a software window titled "Ingreso de Cartas" with a menu bar containing "Archivo", "Editar", and "Herramientas". A dropdown menu is open under "Archivo", listing "Nueva Carta", "Guardar Nueva", "Imprimir Status", and "Salir". The main area is titled "INFORMACIÓN DE CARTAS" and has three tabs: "Recibida", "Cierre", and "Status". Below the tabs is a "Zona de ENVIO" section with the heading "ANTECEDENTES GENERALES". This section contains several input fields: "Nº", "Materia", "Ref. con Nota del L.O.", "Ref. con Otras Cartas", and "Ref. con Planos/Esp.Téc.". The "Ref. con Otras Cartas" and "Ref. con Planos/Esp.Téc." dropdown menus are circled in red. The "Ref. con Otras Cartas" menu shows options 001 through 006. The "Ref. con Planos/Esp.Téc." menu shows options MG-CV-001, MG-CV-008, MG-CV-009, MG-CV-003, MG-CV-007, and MG-CL-001. Other fields include "Enviada a", "Empresa", "Enviada por", "Fecha de Emisión" (set to 03-03-2007), and "Archivo Escaneado". At the bottom, there are "Guardar" and "Salir" buttons and a note: "Nota: Una ruta de archivo muy extensa puede dar un error, trate de no colocar los planos en el escritorio para evitar problemas."

Figura 10. Vinculación con otros documentos.

5. **Status de los documentos:** Dentro de todas las herramientas de los documentos, son los status los que representan la mayor consulta por parte de los usuarios. Generar buenos y prácticos status es fundamental para mejorar la administración de un documento. Para lo anterior y en vista de la experiencia recopilada, se decidió utilizar colores, iconos y separación parcial de la información, además de hipervínculos a documentos digitales, tal de facilitar y mejorar el uso de los status de cada documento.

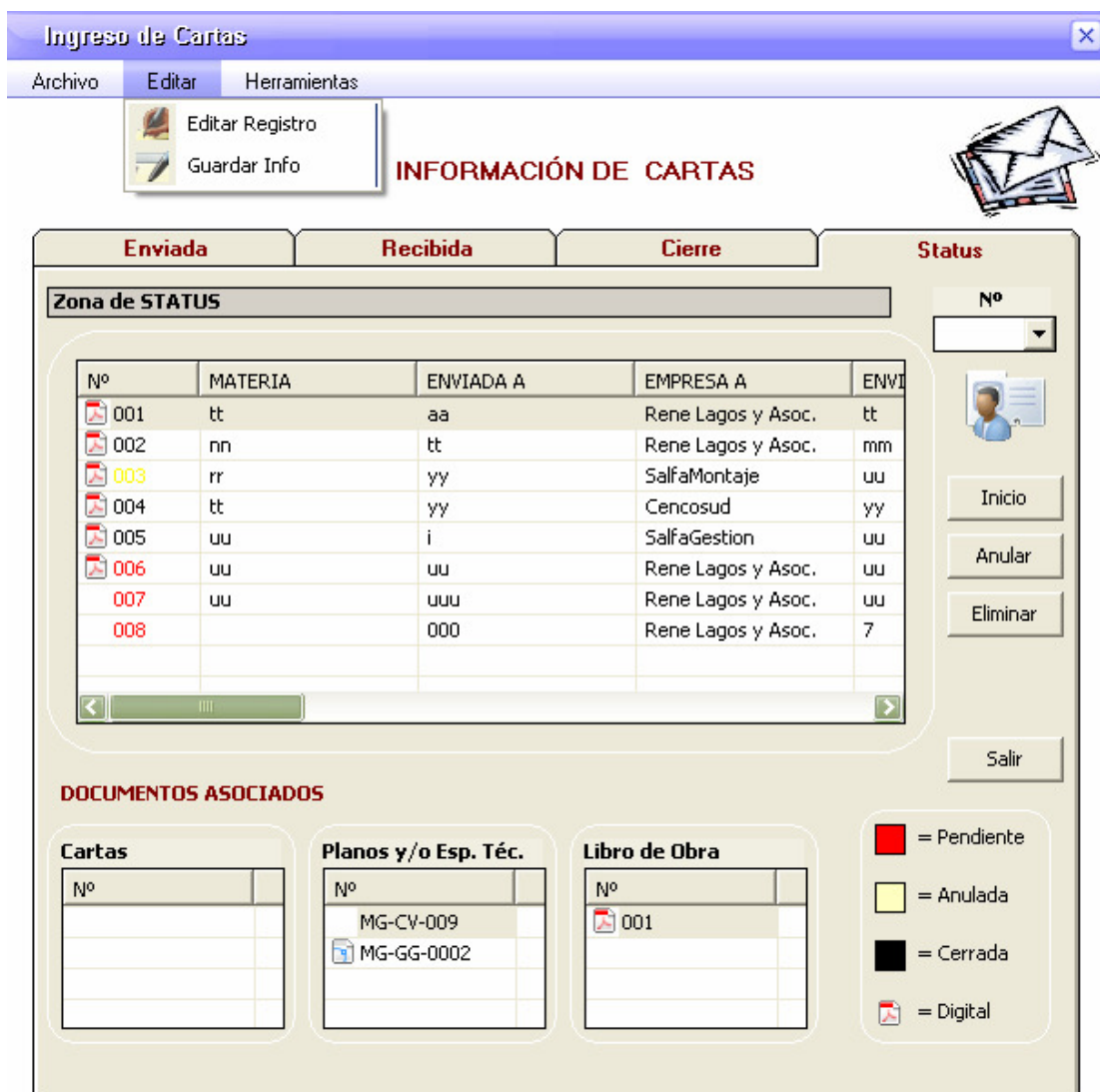


Figura 11. Status de Cartas

6. **Vinculación inversa:** Una herramienta adicional, producto de las necesidades planteadas por los usuarios, fue la vinculación inversa, es decir, establecer que documentos vinculaban a otro. Un ejemplo de la necesidad de esto, se encuentra en las cartas, las que para ser cerradas deben finalizar algún tema en particular, sin embargo quizás otro tema, colateralmente puede tener referenciada a esa carta y por ende la carta debería seguir pendiente, pero por la falta de este chequeo, simplemente se cierra, hasta que alguien detecte este hecho. Lo anterior se ha solucionado, mostrando la vinculación de todos los documentos con esa carta.

Figura 12. Status de Cartas

7. **Búsquedas y Reportes:** Todo sistema de administración debe tener la posibilidad de búsquedas y generación de reportes.

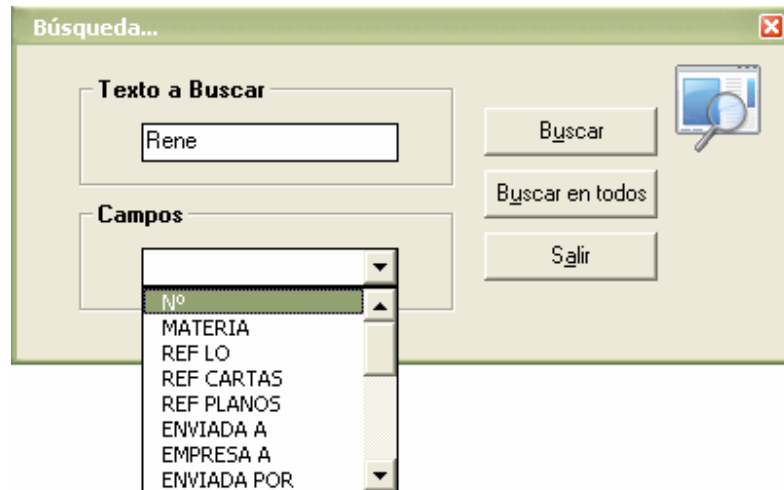


Figura 13. Búsquedas.

Cartas Status

Zoom 100%

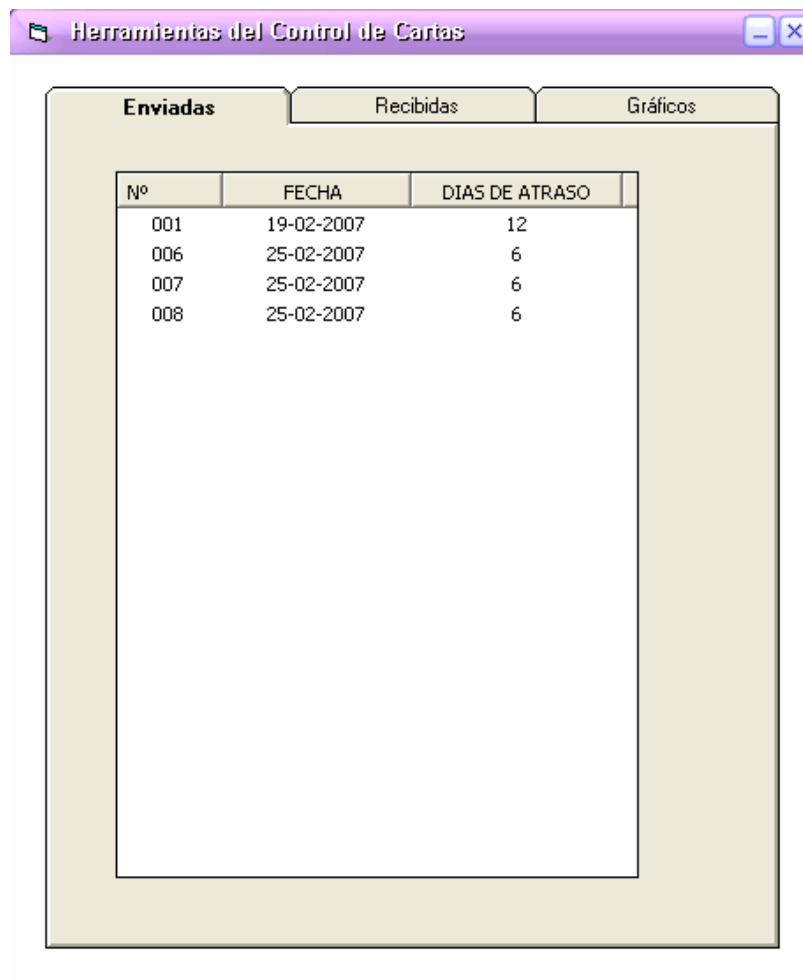
STATUS DE CORRESPONDENCIA 03-03-2007
Pág. 1 de 1

Nº	MATERIA	ENVIADA A	EMPRESA	ENVIADA POR	EMPRESA	FECHA	STATUS	FECHA CERRAR	DISPONIBILIDAD CERRAR
001	tt	aa	Rene Lagos y	tt	SalfaConstruccion	19-02-2007	Pendiente		
002	nn	tt	Rene Lagos y	mm	SalfaCorp S.A.	25-02-2007	Cerrado	25-02-2007	ttt
003	rr	yy	SalfaMontaje	uu	Latinoamerica	25-02-2007	Anulada		
004	tt	yy	Cencosud	yy	SalfaCorp S.A.	25-02-2007	Cerrado	25-02-2007	lll
005	uu	i	SalfaGestion	uu	Latinoamerica	25-02-2007	Cerrado	25-02-2007	uuuu
006	uu	uu	Rene Lagos y	uu	SalfaCorp S.A.	25-02-2007	Pendiente		
007	uu	uuu	Rene Lagos y	uu	SalfaCorp S.A.	25-02-2007	Pendiente		
008		000	Rene Lagos y	7	SalfaCorp S.A.	25-02-2007	Pendiente		

Pages: 1 | 2

Figura 14. Reportes.

8. **Herramientas para la gestión:** La gran diferencia entre los distintos softwares o sistemas del mercado, radica en las herramientas que entregan para realizar gestión sobre los documentos. Es acá donde se puede realizar la nombrada ingeniería de valor, generando a través de la información administrada, otra información, que a diferencia de la anterior nos permite tomar **decisiones**. Lo último es fundamental para aumentar la competitividad de las empresas. La generación de tablas y gráficos son las herramientas básicas para una buena toma de decisiones.



The image shows a screenshot of a software application window titled "Herramientas del Control de Cartas". The window has a purple title bar with standard minimize and maximize buttons. Below the title bar, there are three tabs: "Enviadas" (selected), "Recibidas", and "Gráficos". The main content area displays a table with the following data:

Nº	FECHA	DIAS DE ATRASO
001	19-02-2007	12
006	25-02-2007	6
007	25-02-2007	6
008	25-02-2007	6

Figura 15. Gestión con la información.

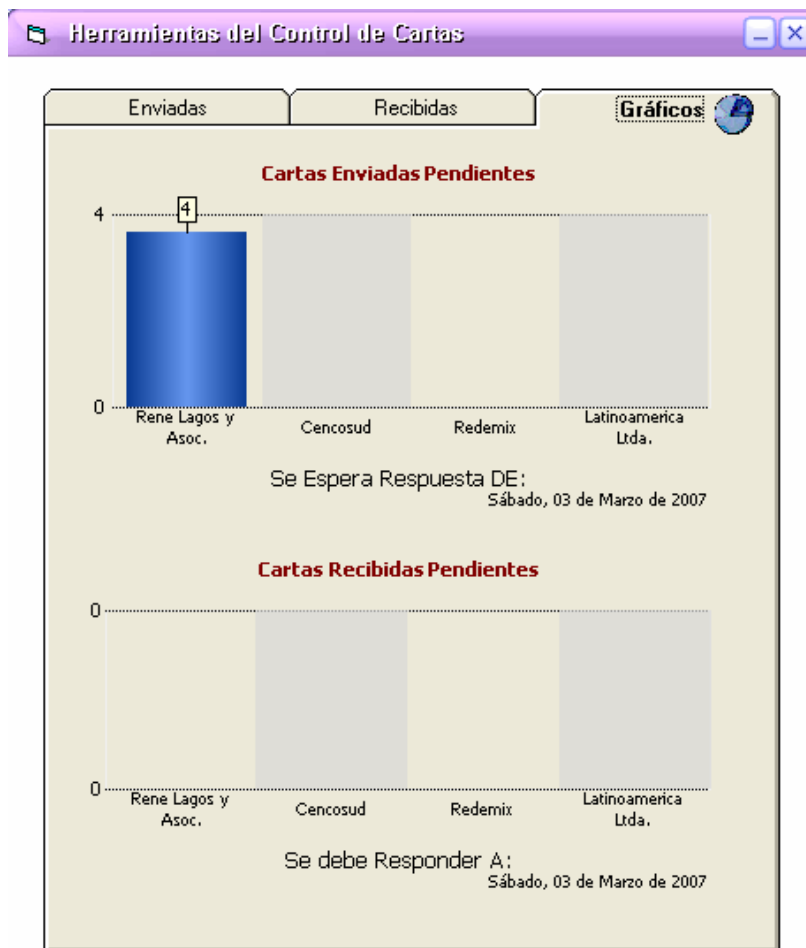


Figura 16. Gráficos con información.

3.4 Conclusiones del capítulo.

A partir de lo expuesto, podemos concluir que:

- Las condiciones actuales de la industria de la construcción, apuntan a la necesidad de incorporar nuevas y mejores tecnologías para el control de la documentación, tanto por un aspecto competitivo como para mejorar la calidad de los productos entregados.
- El software presentado esta orientado a grandes proyectos de construcción, los que por el volumen de documentos e información, necesitan sistemas mas operativos que las tradicionales planillas Excel.
- El resultado positivo de la implementación de un sistema para el control de documentos, depende exclusivamente de la motivación que exista en los usuarios del sistema y en la flexibilidad del mismo.
- En general, los softwares o plataformas que administran información, son muy similares en la administración y control, sin embargo, el real aporte que pueden generar a la industria, esta en su capacidad de desarrollar herramientas de gestión, que permitan tomar decisiones a corto plazo, pues son estas las que entregan valor a la información existente en obra y por sobre todo, determinan políticas reales de calidad y mejoramiento continuo de los procesos. Es esto último también lo que determinará la adopción del sistema, ya que no sólo es importante tener un mejor orden y control sobre la documentación, sino también reducir costos a partir de lo anterior.

CAPITULO IV. Control del proceso de Hormigonado.

4.1 Introducción

Sin duda la industria de la construcción está cambiando, manifestándose con transformaciones significativas en el modo de hacer gestión, que incorporan calidad, seguridad, especialización, productividad y tecnologías, más información generada por los distintos procesos productivos.

El concepto de calidad fue desarrollado basado en un método estadístico de garantía de calidad, fue un acercamiento mucho más amplio que los aplicados hasta el momento, incluyendo ciclos de calidad y otras herramientas para su desarrollo en las empresas.

Estas ideas han sido desarrolladas y estudiadas preferentemente por ingenieros industriales en un largo proceso de pruebas y errores; pero no establecieron una base teórica de fondo. Por consiguiente, hasta principios de los años 80's, la información que tenía el mundo Occidental era muy limitada. Es recién a partir del desarrollo de ideas en la industria automotriz oriental, que los conceptos de gestión, calidad y control comienzan a tener asidero entre las empresas constructoras.

Son autores como Koskela (1997), Ballard (1998), Formoso (1998), durante la década de los 90's, los que tienen la visión de que la planificación y el control, son sustituidos en muchas oportunidades por caos e improvisaciones, causando una mala comunicación, documentación inadecuada, ausencia o deficiencia en la información de entrada de los procesos que se realizan, desequilibrio en la asignación de los recursos, falta de coordinación entre disciplinas y errática toma de decisiones.

Pese al gran estudio que existe al respecto, los problemas siguen suscitándose, abriendo una nueva interrogante sobre cómo estos sistemas de aseguramiento de la calidad, planificación, control y gestión están realmente operando. En este capítulo se intentará explicar por qué las actuales medidas de control sobre uno de los procesos más importante en construcción (hormigonado), aún sigue presentando deficiencias, pese a que ha sido extensamente estudiado.

4.2 Los procesos en la construcción.

La construcción debe ser vista como un conjunto de procesos compuestos por una serie de flujos. Entonces, se dará una mirada a los proyectos de construcción basados en flujos, enfocados en su valor y pérdidas asociadas.

Antes de continuar debemos hablar de algunos de los paradigmas³ que existen en la construcción y que son fundamentales a la hora de analizar los problemas en los procesos constructivos. (Ref. [4])

³ **Paradigma:** conjunto de verdades asumidas por el conjunto de los actores que impide ver la realidad.

- **Paradigma de la Obra:** Siempre se escucha que en la construcción se puede convivir con la suciedad, con la inseguridad, con la falta de calidad, ya que se esta en una “obra”, por alguna razón social no existe una visión de la construcción como una industria, lo que impide la adopción de técnicas y sistemas válidos, por ejemplo, para fabricar autos. Se tiene la visión de que la calidad de la construcción siempre ha sido mala y no va a cambiar, sin embargo en las construcciones antiguas, con muchas menos herramientas y recursos, los resultados eran asombrosos, tanto que han perdurados por siglos, entonces cuál es el problemas si hemos avanzado tanto, la respuesta es simple: tiempo y mano de obra poco calificada. No tiene sentido teorizar en la base de modelos estadísticos o generar planes de gestión, si son estos los actores principales a la hora de hablar de la mala calidad de algunos procesos.
- **Paradigma de la Jerarquía:** El administrador de obra da ordenes al jefe de terreno, el jefe de terreno le da ordenes al supervisor, el supervisor al capataz y así en toda la estructura de un proceso. Este sistema basado en el control y la obediencia no permite generar incentivos para nuevas formas de realizar los procesos constructivos.

- ***Paradigma de sacar la mayor utilidad:*** El gran error de muchas obras en nuestro país, es sacar la mayor utilidad posible, independiente que esto vaya en desmedro de otros, la falta de cooperación entre los distintos actores de un proceso, ha determinado la enajenación por parte de los mismos. No es difícil encontrarse con el descontento de los trabajadores por reducciones de sueldo, malos contratos para subcontratistas o problemas con el mandante. La lucha descarnada de precios, lleva a que no se produzcan alianzas estratégicas, capacitación de proveedores, subcontratos y personal de supervisión. Como resultado de lo anterior, sólo se obtiene un aumento en las estructuras de seguimiento y control para no “perder” en el juego.

- ***Paradigma del costo de la calidad:*** Existe la idea que la calidad en un proceso es un costo asociado al mismo. Sin embargo, la calidad es un conjunto de actividades que permite simplificar el proceso, mejorar la entrega, pero por sobre todo, producir a un menor costo. En la medida que se entienda que el valor del mejoramiento continuo, es eliminar las actividades por las cuales el mandante no paga (actividades que no entregan valor), se comprenderá que la calidad no es un costo, sino que trabajar con calidad es hacer las cosas más fáciles, seguras y rápidas.

4.3 El proceso de Hormigonado. Etapas para el Mejoramiento Continúo.

Algunas definiciones importantes son:

Hormigonado: Acción de colocar el hormigón en un recipiente estanco e indeformable.

Moldaje: Recipiente estanco e indeformable capaz de contener el hormigón fluido hasta que fragüe y se auto soporte.

Enfierradura: Armadura de refuerzo del hormigón armado.

Dentro del proceso de hormigonado, es importante poder establecer el flujo del proceso. Por razones comerciales no se presentará el diagrama de flujo con el cual se trabajó, ya que corresponde a una sociedad anónima, sin embargo, la mayoría de los flujos utilizados por las empresas constructoras tienen una base similar, por lo que los resultados acá presentados pueden ser extrapolados.

Una vez definido el flujo del proceso, es necesario realizar las siguientes etapas:

4.3.1 Reducir la variabilidad

Todos los procesos de producción son variables. Hay dos motivos para reducir la variabilidad del proceso. Primero, del punto de vista del cliente, un producto uniforme siempre es mejor. En segundo lugar, la variabilidad, especialmente de la duración de alguna actividad, aumenta el volumen de actividades que no agregan valor. Esto puede ser demostrado por la teoría de colas, donde la variabilidad aumenta el tiempo del ciclo del proceso (Krupka 1992, Hopp 1990).

4.3.2 Simplificación mediante la minimización de los pasos.

La complejidad misma de un producto o del proceso, aumentan los costos más allá de la suma de los costos de sus partes individuales o pasos. Otro problema que genera la complejidad, es la desconfianza; sistemas complejos son naturalmente menos confiables que sistemas más simples.

La división vertical y horizontal de trabajo siempre causa actividades que no agregan valor. Algunas metodologías para la simplificación de las actividades son:

- Acortamiento de los flujos por la consolidación de actividades repetitivas. Se debe evaluar constantemente el grado de aprendizaje de los obreros tal de determinar la calificación de estos para las distintas actividades de un proceso.
- El cambio de diseño de un proceso, permite acortar las actividades de un proceso.
- Estandarizar actividades, materiales, herramientas, etc.
- Reducir al mínimo la cantidad necesaria de información para el control. Esto último será visto con más detalle en los siguientes puntos.

4.3.3 Enfocar el Control al proceso completo

Todo proceso de construcción atraviesa por diferentes etapas de producción, en donde cada supervisor del proceso entrega su visión de cómo deben ser hechas las cosas. Para tener el control sobre el proceso completo, primero se debe realizar mediciones al proceso completo y no en sus distintas etapas. Luego, debe existir alguna autoridad de control para el proceso completo.

4.3.4 El mejoramiento continuo al proceso.

Mejorar el diseño de los procesos, disminuyendo las pérdidas y costos asociados a las actividades que no agregan valor, es sin lugar a dudas uno de los fines principales de una buena gestión del proceso.

Las herramientas para el control y detalles de cómo se debe realizar el mejoramiento continuo de procesos constructivos, se pueden encontrar en la memoria de María Ruiz (Ref. [6]). En este trabajo se analizará el uso de nuevas tecnologías para el control del proceso de hormigonado, dando un análisis técnico-económico de ello.

4.4 Pérdidas en el proceso.

Saber donde controlar necesariamente implica saber donde se encuentran las mayores pérdidas en el ciclo de vida del proceso.

Las pérdidas pueden separarse en cinco categorías:

- Pérdidas por esperas (inactividad).
- Pérdidas por traslados.
- Pérdidas por trabajo lento.
- Pérdidas por trabajo mal ejecutado (reparar con otra actividad).
- Pérdidas por trabajo rehecho (demoler y rehacer).

A su vez pueden ser clasificadas de acuerdo a su fuente según al área a la que pertenecen:

- Administración: Requerimientos innecesarios, exceso o falta de control, mala planificación o excesiva burocracia.
- Uso de Recursos: Exceso o falta de cantidad, mal uso, mala distribución o disponibilidad de los materiales, personal, etc.
- Sistemas de Información: No necesaria, defectuosa, atrasada o poco clara.
- Conocimiento: Habilidades, competencias, capacidad.

Son sin lugar a dudas las pérdidas por esperas, trabajo mal ejecutado y rehecho las que en términos económicos tienen el mayor costo. Durante el desarrollo de este trabajo de título, se pudo observar in-situ estos problemas, a continuación se muestran algunas fotografías de estos tipos de pérdidas.



Figura17. Fotografía que muestra el trabajo mal ejecutado. (Falta de filete de soldadura en los costados del perfil L)



Figura 18. Fotografía que muestra el trabajo mal ejecutado. (Soldadura de mala calidad, exceso de escoria).



Figura 19. Fotografía que muestra el trabajo mal ejecutado. (Armadura sin una adecuada protección, expuesta a humedad y deterioro)



Figura 20. Fotografía de trabajo rehecho. (Demolición de muro)



Figura 21. Fotografía que muestra el poco control posterior a la ejecución de las obras. (Exceso de humedad, armadura sin protección)



Figura 22. Fotografía que muestra la pérdida por esperas. (7 trabajadores observando una actividad)

La falta de inspección en terreno por parte del encargado, sumado a problemas en la programación de las actividades, lleva a que estas imágenes sean repetitivas y no consigan solucionarse, pese a ser del conocimiento general. Es en este último punto, donde los paradigmas, al principio mencionados, toman fuerza. A continuación se mostrará una alternativa complementaria al control tradicional del proceso, basada en el uso de tecnologías móviles.

4.5 Nuevas tecnologías para del control del proceso de hormigonado.

El uso de tecnologías móviles en la industria de la construcción no es algo nuevo (sistema Calibre 21, CalidadOnLine, etc.), tampoco el estudio de los beneficios de estas (Ref. [2]). La dificultad de tomar datos en terreno, junto a la era digital, han llevado al creciente uso de este tipo de tecnologías en la construcción.



Figura 25. Fotografía del proceso de hormigonado. (Control en terreno)

Dentro del sistema de gestión de calidad que tienen las empresas acreditadas con la norma ISO 9001:2000, son los protocolos de calidad y registros los que han tomado un papel fundamental, sin embargo, el control sobre el personal que se preocupa del registro de ellos, es escaso o deficiente. Antes de continuar, debemos tener presente algunos aspectos que pueden afectar las mediciones en terreno:

-La variación en las definiciones y los procedimientos de la toma de datos.

-La poca capacitación del personal de supervisión en terreno y de los obreros.

Son estos últimos los que determinan en muchas ocasiones el mal registro de los datos de terreno, y por ende crean una confusión entre lo que existe en el papel (protocolo, registro) y lo que realmente se encuentra en terreno.

Para solucionar esto y basados en la experiencia del sistema de CalidadOnLine (Ref. [2]), se propone la utilización de protocolos de calidad con registros fotográficos de terreno. Esto se realizaría, al igual que en el sistema de CalidadOnLine, a través del uso de PDA's (*Personal Digital Assistant*), en las cuales es posible desarrollar un software con este fin y que además almacenen la información en bases de datos, las que luego pueden ser traspasadas a un computador para su posterior administración y gestión. La siguiente figura, muestra el esquema con el cual se trabajaría.

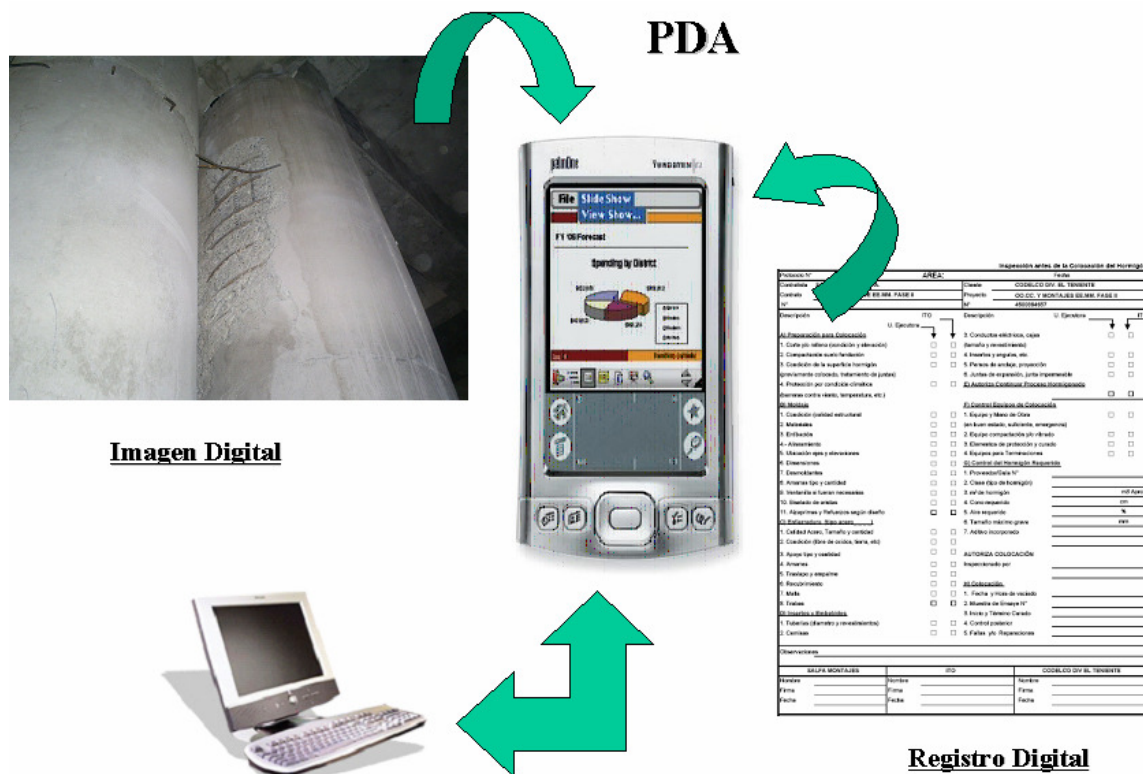


Figura 24. Esquema del sistema.

4.5.1 Factibilidad Técnica.

El gran problema que existía para implementar esta tecnología, era la poca capacidad en la memoria y procesamiento de datos que tenían estos aparatos, sin embargo, Palm sacó al mercado la PDA LiveDrive, que se caracteriza por tener 4GB de memoria ROM y un procesador de 416 MHz, lo que permitiría un almacenamiento de al menos 3000 fotografías (en Apéndices A1 se muestran las características de este aparato). Otro factor importante es lo frágil que son estos aparatos, sin embargo, han salido al mercado PDA's de uso minero, mucho más resistentes y con una vida útil más prolongada, claro, a un costo más elevado también. Para efectos prácticos trabajaremos con la primera familia de PDA's, por ser fáciles de comprar y cumplir con nuestros requerimientos básicos.

A continuación, se hace una comparación entre el método tradicional y el propuesto para el llenado de protocolos de calidad, tal de poder palpar los beneficios de esta tecnología.

	Método Tradicional (Papel)	Método Propuesto (Digital)
Legibilidad	Depende de quien llene el registro	No depende del usuario, siempre es legible
Almacenamiento	En archivadores o se escanea y se deja el hipervínculo en alguna planilla excel. Se vuelve poco práctico para gran número de registros	Se guarda en bases de datos que pueden ser respaldadas. Permite almacenar de manera eficiente miles de registros.
Tamaño	Generalmente estos documentos son escaneados, lo que los vuelve muy pesados y lentos para abrir posteriormente	Son archivos livianos, capaces de comprimirse
Velocidad de Búsqueda	Tiempo varía de acuerdo a quien los ingresa u ordena en las archivadores o planillas excel correspondientes	Tiempo depende de la memoria RAM y procesador
Vinculación entre documentos	No existe esta posibilidad en forma práctica	Al ser digitales, se pueden vincular de acuerdo a los requerimientos del usuario
Certeza de lo que hay en terreno	Sólo esta la confianza de quien firma el protocolo	Se adjunta imagen digital, tal de mostrar lo que se estaba controlando en terreno.

4.5.2 Beneficios que se alcanzarían

De acuerdo al punto 4.3 se logra:

-Reducir la variabilidad: Los protocolos quedan con un formato standard, eso si, dependerá de cada obra y cada empresa establecer cuales son sus requerimientos, lo que se estandariza es el formato digital, el cual puede ingresar a una base de datos universal y posteriormente, independiente de la obra, realizar análisis de gestión y control sobre el proceso.

-Simplificar el proceso: Es claro que al pedir una imagen digital, se eliminan varios campos dirigidos a la observación, esto simplifica bastante la toda de datos y también reduce el tiempo de control que se necesita.

-Mejoramiento continuo: La digitalización no solo de los protocolos, sino de los registros de ensayos, ordenes de compras, programación de actividades, registros de bodegas e información de actividad a realizar, permite realizar un correcto seguimiento sobre el proceso, pero por sobre todo determinar donde, cómo y cuando ocurren los problemas asociados a este, de una manera fácil y rápida, lo que en un proyecto de envergadura no sería posible a través del uso de registros en papel o planillas Excel.

Además, la imagen permitiría detectar errores antes de ser ocultados: mala colocación de la armadura, corrosión, mal vibrado, problemas en el moldaje, etc.

4.5.3 Factibilidad Económica.

Estos aparatos (PDA's, con un costo aprox. de 290.000 pesos (valor presente)) interactúan fácilmente con las cámaras digitales a partir de las memorias SD, el costo de estas para 1GB alcanza el valor de los 20.000 pesos aprox. (valor presente). Considerando que el valor de una cámara digital está alrededor de los 100.000 pesos (valor presente), equipar a una persona con todo el equipo costaría en total 410.000 pesos (valor presente, IVA incluido. Esto no considera licencias ni valor del software a desarrollar).

Con el valor anterior de referencia, tenemos una estimación de cuanto costaría equipar a una persona con la tecnología necesaria para poner en práctica la nueva herramienta, sin embargo, el valor de este trabajo de título es poder incentivar su implementación. Para esto último, debemos hablar de los costos asociados a la calidad y no calidad, pues es dentro de este ítem (calidad) que puede ser incluido el valor de esta herramienta para mejorar el control del proceso de hormigonado.

Costos de la No-Calidad en el proceso de hormigonado.

Según autores como Sarmientos (1998), Serpell (1996), Alexander (1994), entre otros, los costos totales de calidad pueden ser vistos como la suma de dos categorías: los costos de conformidad o de calidad y los costos de fallas o de no calidad, con sus correspondientes subcategorías.

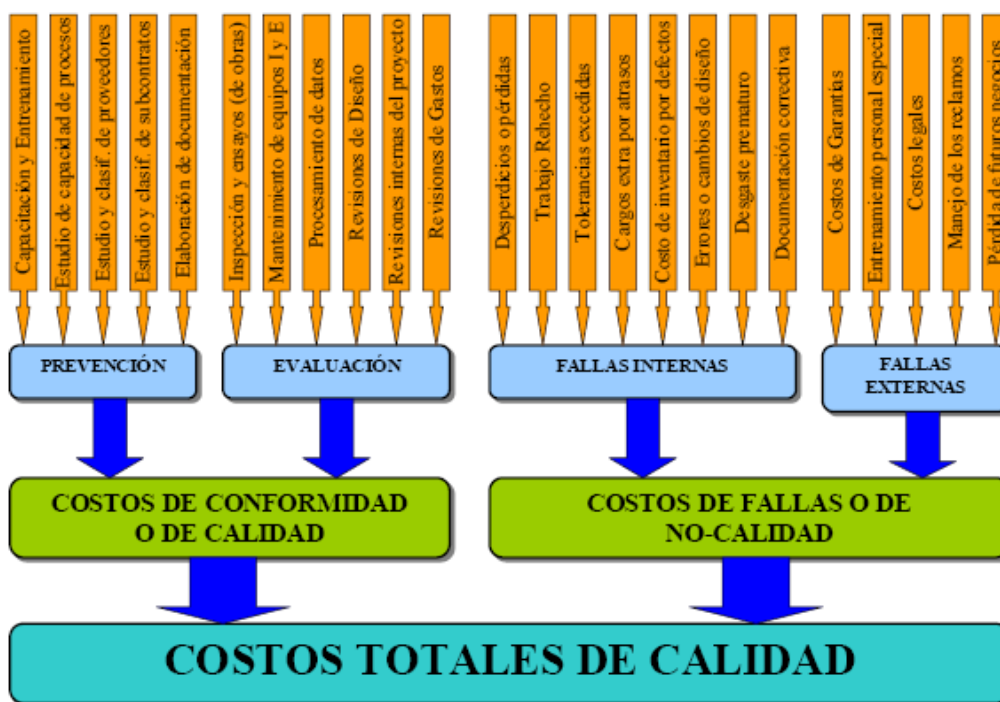


Figura 25. Esquema costos de la calidad. (Ref. [7]).

Costos de fallas o la no calidad: Son los costos adicionales que se producen por no cumplir con los requerimientos de los clientes y que no contribuyen a proveer un producto o servicio de calidad. Estos pueden dividirse en costos de fallas internas y externas de calidad, de acuerdo al momento en que son detectados respecto de la entrega del producto al cliente.

Costos de Fallas Internas: Son los costos incurridos para corregir una no conformidad o falla identificada antes que el cliente reciba la obra o proyecto.

Costos de Fallas Externas: Son todos los costos relacionados a las reparaciones por errores o fallas producidas posteriores a la entrega de la obra al cliente. Si bien pueden incluir las mismas clases de costos que en las fallas internas (trabajos rehechos, almacenamiento extra de materiales, etc.), debido a que se detectan después que el cliente ha tomado posesión de la obra, los errores en esta etapa tienen una incidencia mayor tanto en valor económico como en la imagen de la empresa.

Ejemplo del costo de la no-calidad en el proceso de hormigonado en una obra nacional.

Se presenta el siguiente gráfico con los resultados obtenidos en una obra tradicional de construcción habitacional (Ref. [6]), que muestra el valor de las no conformidades del proceso de hormigonado para un proyecto de construcción nacional.

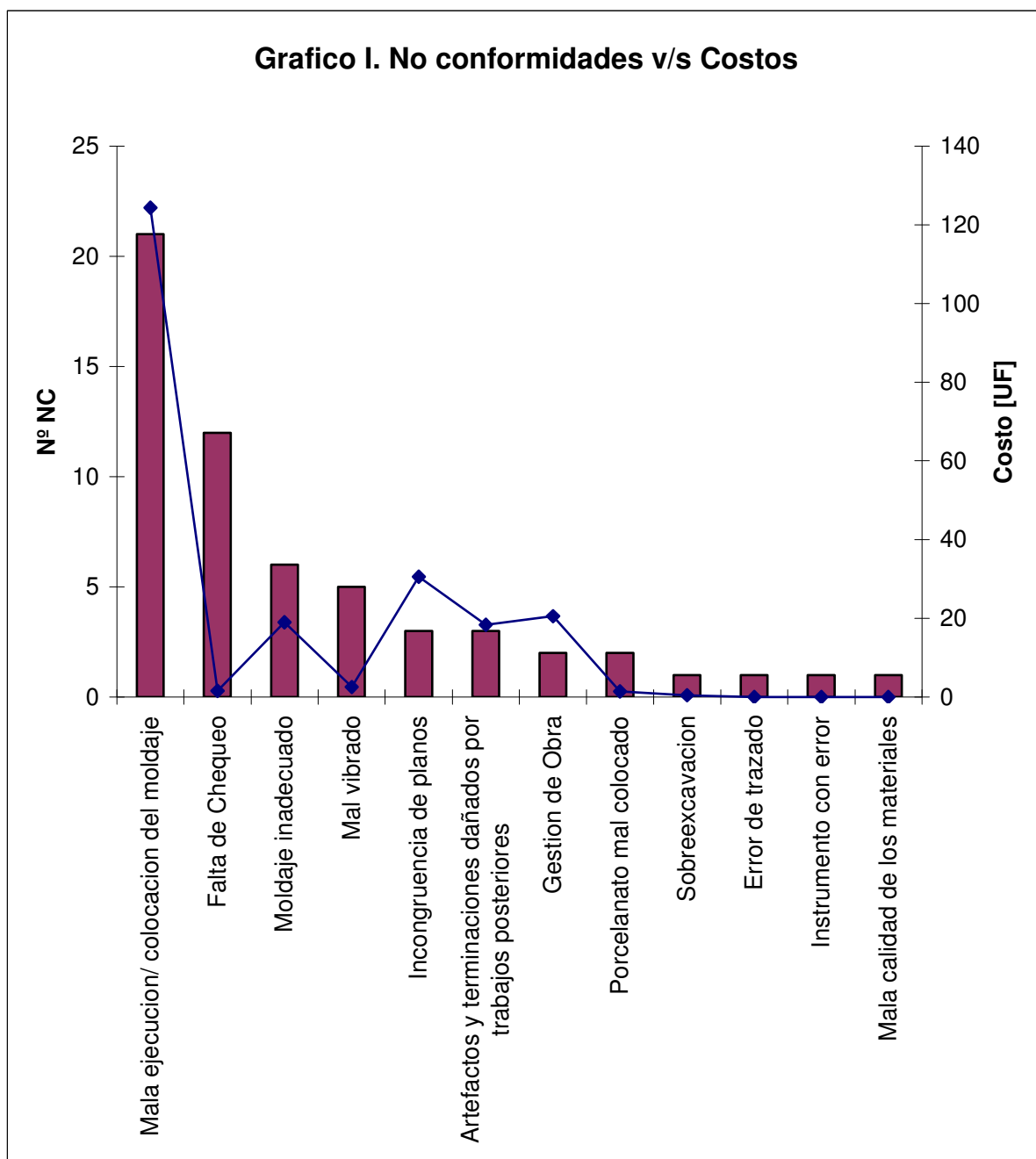


Gráfico I. No conformidades del proceso de hormigonado v/s su costo.

De acuerdo a este gráfico, que sólo representa a las no-conformidades detectadas, es decir, aún faltaría el valor de las no detectadas y las que fueron detectadas y corregidas, tenemos que:

- El moldaje es la actividad dentro del flujo con mayores no-conformidades, teniendo un costo de 124.36 UF (valor presente), equivalente al **56.9% del valor total**.
- La incongruencia de los planos y la gestión en obra, suman el valor de 51.1 UF (valor presente), equivalente al **23.4% del valor total**.

Análisis.

De lo anterior podemos desprender lo siguiente:

- La implementación de nuevas tecnologías para mejorar el control del proceso de hormigonado, es un costo de calidad, el incentivo para su implementación estará dado por la reducción de costos asociados a la no-calidad, siempre y cuando esta reducción sea mayor que el costo inicial.
- De acuerdo al gráfico I, es posible determinar que actividades dentro del proceso son las que generan los mayores costos de no calidad, poner énfasis en el control de estas actividades será fundamental para el diseño del protocolo de calidad digital asociado a las mismas.
- Los problemas en la documentación y gestión al interior de la obra del grafico I, son significativos dentro del valor total de las no conformidades, lo que demuestra que los sistemas actuales de registro, incluso en una obra pequeña, poseen deficiencias importantes.

Los costos de gestión no son relevantes sobre el valor total de la obra, pero si lo son los costos asociados a la no-calidad. Enfocar el valor de esta tecnología a la mejora de las prácticas de control, conjuntamente a un mejor conocimiento de lo que pasa en terreno, permitirá que no sólo se efectúen acciones correctivas (actualidad), sino que se puedan

evaluar en menor tiempo y con un ahorro en los costos, las tan deseadas acciones preventivas.



Figura 26. Fotografía de moldaje. (Actividad crítica para controlar)



Figura 27. Fotografía una mala planificación. (Pasadas en losas, modificaciones o cambios en la estructura, son un costo considerable una vez que se ha ejecutado la obra gruesa. En general la calidad de estas correcciones, es deficiente y muchas veces mal ejecutada)

Experiencias de este tipo, en protocolos digitales, ya han sido aplicadas por el sistema de CalidadOnLine en varias empresas importantes, la principal diferencia con este sistema radica en que no se hará un Standard para los protocolos, ya que eso desmotiva a las empresas que están utilizando un sistema de gestión de la calidad y han invertido tiempo y recursos en crear sus propios protocolos; el sistema propuesto se adaptaría a las obras o empresas, permitiendo establecer un sistema de administración de bases de datos común, en palabras más simples, cada cual tendría su propio protocolo, pero el sistema que administra las bases de datos sería el mismo. Esto, al igual que el programa de control de documento, está pensado para entregar las herramientas de control de acuerdo a los requerimientos de la obra, por lo que existirían herramientas básicas de control, pero se darían posibilidades de establecer otras herramientas de acuerdo a necesidades.

4.4 Conclusiones del capítulo.

De acuerdo a lo antes expuesto se puede concluir:

- La aplicación real del mejoramiento continuo no depende del número de herramientas para gestión que se utilicen, sino de la calidad de estas para poder detectar los problemas que existen en los procesos.
- Gran parte de las no conformidades o pérdidas se encuentran en la poca calificación de la mano de obra. Invertir en un mayor control no va a entregar los resultados positivos si no se mejora lo anterior.
- La documentación generada en los registros, debe ser consecuente con lo que realmente se necesita, el exceso de control y documentación que no entrega valor a la obra, hace que existan importantes pérdidas de tiempo y trabajo.

- La correcta planificación de los procesos, es la piedra angular para mejorarlos, hacer las cosas con un día de anticipación no representa cambio, pese a que se llenen todos los protocolos de calidad y registros. Planificar también significa estudiar lo que se desea hacer, proponiendo alternativas y evaluando posibles problemas, no es sólo saber cómo y cuando hacer las cosas.
- La introducción de tecnologías móviles puede ser sustentada por la mayor y mejor fiscalización de lo que realmente ocurre en terreno. Aún existe en terreno la suspicacia de que la mejor administración de información puede reducir las no conformidades, sin embargo, es la demora en el análisis de la información de terreno o la falta de vinculación de esta con otra existente en la oficina técnica, la que provoca la escasa cantidad de acciones preventivas en comparación a las correctivas.

CAPITULO V. Discusión y Conclusiones.

Dentro de las conclusiones, podemos separar las que van dirigidas al control de documentos y las que van dirigidas al control del proceso de hormigonado

Control de documentos.

Entender que los documentos en obra no son de naturaleza “estática”, sino que tienen ciclos de vida muy “dinámicos”, es lo que permite diseñar herramientas diferentes a las que existen en el mercado actual. La construcción es una industria más, pero es una industria con características muy particulares, que hacen que el diseño de herramientas como las que se utilizan para el control de documentos deban adaptarse a lo que existe en obra y no que la obra se adapte a ellas.

Lo primero que se debe tener en claro, es que la necesidad de una herramienta computacional nace de empresas que han incorporado un sistema de calidad, que les exige tener un control de documentos con ciertas características, pero más importantes aún, son las obras de gran envergadura, que generan un volumen considerable de información, que si no se controla con un sistema eficaz, puede generar graves problemas en terreno (problemas con planos, por ejemplo) o simplemente, no generar una cadena de valor con esa información. Entonces, este software va dirigido a esas obras, las que con un sistema tradicional no darían abasto, esto sin excluir a todas las demás empresas u obras que por querer mejorar su sistema de control de documentos, puede utilizar este como una referencia.

Dentro de los resultados más importantes de la implementación del software, se puede destacar la posibilidad de vincular los distintos documentos que se controlan, de una manera más dinámica. Esto fue de significativa importancia para la gestión que se realizaba al interior de la obra, pues permitía conocer en un lapso de tiempo relativamente corto, el estado de cada documento con respecto al global de la obra, dando la posibilidad de tomar decisiones con una mayor cantidad de información y una respuesta más rápida (ingeniería de valor).

También se aumento la capacidad de los volúmenes de información que se pueden administrar, dando herramientas de búsqueda eficiente, y generación de informes que pueden condensar estos volúmenes de información en gráficos o reportes, que son manejables y de fácil entendimiento.

Los requisitos mínimos del programa aparecen en Apéndices A2.

Control del proceso de hormigonado.

Controlar no puede ser sinónimo de aumento en los costos, este pensamiento es el que abunda en las construcciones Chilenas, dando paso a un problema cultural de tener que trabajar bien, en base a la constante dependencia de que otro evalúe el trabajo realizado. El concepto principal en este punto es hacer las cosas bien a la primera.

En la actualidad son muchas las medidas correctivas que se aplican en los procesos y muy pocas las preventivas, este cambio de mentalidad es lo que finalmente determinará si es posible mejorar los índices actuales de productividad y control sobre los mismos. Las tecnologías existen y el miedo a utilizarlas es mínimo, sólo falta un cambio de mentalidad de cómo se deben realizar las cosas y por sobre todo una voluntad de cooperación entre los distintos actores de un proyecto constructivo.

El principal problema de la calidad en las obras chilenas, esta básicamente en la poca capacitación que existe de la mano de obra, haciendo un paralelo con la industria manufactura, se puede apreciar que la diferencia con esta, radica en la forma del trabajo, ya que mientras en la industria manufacturera, la mano de obra se encuentra estática y la línea de producción es la que se encuentra en movimiento, en la construcción, la línea de producción es la que esta estática y son los obreros los que están constantemente en movimiento. El problema con este “movimiento excesivo”, esta en la libertad para tomar decisiones, ya que debido muchas veces a la escasa calificación de los obreros y la poca fiscalización de existe en los procesos, se les da muchas libertades para tomar sus propias decisiones, las que no siempre son las correctas y terminan generando todos los problemas visibles.

Esto último se puede cambiar modificando las metodologías de trabajo, por ejemplo, uno de los principales problemas en el proceso de hormigonado es el vibrado, si en vez de asignar la tarea entregando toda la responsabilidad a un operador, se utilizarán otros dispositivos de vibrado, por ejemplo adheridos al moldaje o bien nuevos vibradores que restrinjan al correcto uso del mismo, este operador se tornaría en uno más funcional y por ende los resultados no deberían ser controlados, ya que se tiene la seguridad que la

actividad en su “mayoría” siguió los rangos adecuados. Esto claramente necesitaría que se crearán estas herramientas para todos los procesos constructivos, lo cual aún esta muy lejos de ser realidad.

Otro punto importante es la especialización. La existencia de mano de obra sin calificación utilizada para labores especializadas, ha llevado a que se cometan grandes errores. Mejorar la capacitación del personal, pese a que es uno de los requisitos de la norma ISO 9001:2000, muchas veces no se cumple, pues se debe lidiar con la constante rotación del personal, es por esto que la capacitación no puede quedar sólo a la responsabilidad de la empresa, ya que es un problema sectorial y por ende si es este el que capacita a los trabajadores, serán todos los actores pertenecientes a este sector (proveedores, subcontratos, trabajadores, empleadores, etc.) los beneficiados. Dar charlas de calidad y del enfoque que posee la norma, no tiene ningún valor para el común de los trabajadores, los aspectos técnicos de la norma, deben ser entregados en forma “focalizada”, tal de que cada trabajador sepa muy bien que papel juega dentro del sistema de calidad, pero por sobre todo, no sólo se le entreguen sus responsabilidades, sino también los derechos a los cuales tiene acceso con las políticas de calidad, como un cliente más del sistema.

Finalmente la utilización de tecnologías móviles no es la solución a todos los problemas de control, pero si es una excelente herramienta para tener a los profesionales más en terreno, que en la oficina llenando papeles. El sistema de protocolos digitales con registro fotográfico, ha tenido una buena acogida entre los profesionales de la obra, pues piensan que muchos de los problemas radican, aunque parezca redundante, en el poco “control” que se pone sobre el personal que hace el “control”. Los beneficios del

uso de esta tecnología no sólo son aplicables a la digitalización de los protocolos de calidad, sino también a los resultados de los ensayos, control de bodega, etc.

Modernizar los sistemas tradicionales es una necesidad, seguir buscando razones para hacerlo es una pérdida de tiempo, pues el costo de la tecnología es mínimo en comparación a la gran cantidad de beneficios que se podrían alcanzar en temas de calidad y gestión al interior de las obras.

Bibliografía

[1] ISO 9001-2000 (ES).

[2] Barra A., Francisco, 2005. Memoria “Implementación de tecnologías móviles y su aplicación en proyectos de contratación chilenos”. Universidad de Chile.

[3] Forcada M., Nuria, 2005. Tesis Doctoral “Life Cycle Document Management System For Construction”, Universidad Politécnica de Cataluña.

[4] Percul L., 2004. “Estudio Sectorial: Productividad en la Construcción”.

[5] REVISTA BIT art. 49, Julio 2006.

[6] Ruiz U., Maria, 2005. Memoria “Mejoramiento continuo de procesos constructivos, según la norma ISO 9001-2000”. Universidad de Chile.

[7] Sarmiento A. y Serpell A. “Implantación de un sistema de costos de calidad en proyectos”. Pontificia Universidad Católica.

[8] Serpell A., 2006. Apuntes Clase “Gestión y Mejoramiento de la Calidad”. Pontificia Universidad Católica.

APÉNDICES

APÉNDICE. A1

Ficha Técnica.



Palm PDA LifeDrive 4 Gb Color Bt WiFi (Precio Ref. 288.000 pesos)

Características

- **Memoria** Disco duro de 4GB (3.85GB disponible para el usuario)
- **Wi-Fi** (802.11b)
- **Bluetooth®** Tecnología Inalámbrica Tecnología Bluetooth integrada para conectar dispositivos inalámbricos compatibles, tales como teléfonos móviles, laptops e impresoras.

- **Pantalla** Pantalla a color TFT transreflectiva, táctil, de 320 x 480 – soporta más de 65.000 colores.
- **Tamaño y Peso** 130 x 73 x 19 mm. - 190 gramos
- **Soporte de Documentos Actualizado** Crea y edita archivos compatibles de Word, Excel y PowerPoint., Abre archivos Adobe Acrobat.
- **Rápida Sincronización** Actualiza información de Outlook, sincroniza y transfiere archivos con USB 2.0
- **Ranura de Expansión** Soporta tarjetas de expansión SD, SDIO y MultiMediaCard™
- **Procesador** Intel® XScale™ de 416 MHz
- **Sistema Operativo** Palm OS® Garnet (v5.4)
- **Batería** De Ion de litio, recargable.

APÉNDICE. A2

Antecedentes Técnicos

Estos corresponden a lo que el usuario debería saber para el correcto desempeño del programa.

-Motor de Bases de datos en Access 2000.

-Sistema Operativo Requerido: Windows XP o 2000.

- Memoria en disco 35 mb (Base inicial vacía).

-Memoria Ram 128 mb.