



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

**REDISEÑO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE UNA EMPRESA DE CÁLCULO
ESTRUCTURAL**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

JAVIER IGNACIO TAPIA AVENDAÑO

PROFESOR GUÍA:
MARIO MORALES PARRAGUÉ

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
NICOLÁS JADUE MAJLUF
IVÁN ALVAREZ VALDÉS

SANTIAGO DE CHILE
MARZO 2013

REDISEÑO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE UNA EMPRESA DE CÁLCULO ESTRUCTURAL

Hoy en día, el rubro de la construcción enfrenta un explosivo crecimiento, el cual ha llegado incluso a levantar rumores sobre una posible burbuja inmobiliaria en el mercado nacional, para cualquier empresa involucrada en este mercado es este el momento adecuado para capitalizar esta oportunidad y dar un salto cuántico en materia de ingresos y utilidades, pero en el caso de la empresa estudiada, este salto ha sido impedido por su actual configuración.

El objetivo del presente trabajo consiste en la generación de una propuesta de rediseño para el proceso productivo de la empresa VPa, Valladares Pagliotti y asociados, de forma tal que ésta sea capaz de capitalizar la oportunidad que el mercado de la construcción ofrece en este momento, siendo parte importantísima de este rediseño, el aumento en la capacidad productiva de la empresa, y la flexibilidad para poder continuar este crecimiento de manera continua en el mediano y largo plazo

VPa, empresa dedicada al cálculo estructural, cuenta con una experiencia en el mercado de más de 15 años de operación, con más de 500 proyectos calculados, está ubicada en la comuna de Las Condes, cuenta con una planilla de empleados de alrededor de 20 personas, y tiene en promedio, ventas en torno a los 200 millones de pesos, las cuales se han estancado en el último lustro, al tiempo que la cantidad de proyectos en cola, y la sensación de saturación ha alcanzado a los miembros de la organización.

La metodología aplicada consistió en un primer apronte en una inmersión dentro de la organización por espacio de 4 meses (Abril-Agosto) para levantar las problemáticas que aquejaran a la empresa y sus orígenes, para luego, de acuerdo a lo levantado con los miembros de la organización, pasar a una segunda etapa, donde se diseñó un modelo informático de simulación en el software ARENA, etapas que en conjunto permitieron levantar los problemas de la empresa, para luego proponer un set de medidas encargadas de solucionarlas, las cuales consisten a grandes rasgos, en el rediseño del proceso productivo, incluyendo esto una norma de trabajo y un set de documentos de control, de manera tal que éste se haga, mas rápido, más eficiente y mas escalable en materia de RRHH.

Finalmente, se evaluó la rentabilidad de la implementación de las medidas de este trabajo, obteniéndose una utilidad extra, al aplicar las medidas presentadas en este proyecto, de aproximadamente 63 millones de pesos solo al primer año de aplicación (aproximadamente el doble de las utilidades promedio de la empresa de los últimos 3 años), verificándose la conveniencia de realizar, en el corto plazo las modificaciones correspondientes a la situación actual de la empresa.

A MI PADRES, Danilo y Silveria
A MI FAMILIA,
A MIS AMIGOS

Agradecimientos

A mi madre Silveria, antes que a cualquiera de los demás, por estar siempre, desde cuando estábamos solos los dos.

A mi padre, Danilo, por enseñarme que muchas veces las soluciones son más sencillas de lo que queremos creer, por enseñarme lo que es importante en la vida.

A mi hermano, Danilo, por enseñarme que en la sencillez y el trabajo duro reside lo más valioso y lo que más nos deja, por ser el mejor.

A mis amigos de tantos años y tantas historias, a Cristian por hacer que todo el grupo se juntara desde el primer día, por hacer de todo lo que pasaba una ocasión especial, a Carlos por estar siempre, para explicar, para reírse de algo o de alguien, por entender y por siempre creer más en mí que yo mismo, a Pablo F., por ser el cable a tierra, por ser el comprensivo y el responsable de un grupo que muchas veces se olvidó del significado de esa palabra, a mi compadre Patricio, por nunca estar tan ocupado como para no escuchar algún drama existencial, jugar una mesa de pool o tomarse una bebida donde la tía, o unas pizzas de Gino, a Pablo R., por tantísimos carretes, infinitas tallas y por ser el que más entendió mis problemas. A Cristián S. por ser el hermano mayor que nunca tuve, por contar siempre conmigo en sus proyectos, y confiar siempre en mis capacidades. A todos ellos, por no dejarme nunca solo, incluso cuando lo intenté.

A todos los que me acompañaron en la Universidad, fueron parte de la mejor parte de mi vida, los mejores y los peores momentos, no hay espacio para nombrarlos a todos, pero les agradezco por todas las ocasiones en que entre tanto que hacer, y tan pocas ganas de trabajar se lograron (a veces a medias) las metas de cada semestre.

A todas ellas, que alguna vez, por el tiempo que fuera me acompañaron en este camino que es la vida, de todas guardo un especial recuerdo, todas me ayudaron a crecer y a aprender, más de lo que toda una vida con la soledad.

A mis profesores guía y co-guía, especialmente al profesor Nicolás Jadue, por siempre encontrar el comentario y el tip preciso ante los momentos de indecisión por los que este trabajo pasó.

A Enzo Valladares, sin quien este trabajo no podría haber sido realizado, por su confianza y su apoyo en este proceso, así como a toda la gente de VPa que desinteresadamente participó en la concepción y desarrollo del proyecto.

Índice de Contenido

Resumen Ejecutivo	ii
Agradecimientos	iv
Índice de Contenido	v
Índice de Figuras	vii
Índice de Tablas	viii
1. Introducción	9
1.1. Motivación	9
1.2. Alcances	10
1.3. Objetivos	11
1.3.1. Objetivo General	11
1.3.2. Objetivos Específicos	11
1.4. Metodología	11
2. Marco Conceptual.....	13
2.1. Proyecto:	13
2.2. Gestión de Proyectos.....	14
2.3. Carta Gantt.....	15
2.4. CPM.....	16
2.5. PERT	17
2.6. Teoría de Colas.....	20
2.7. Cálculo Estructural.....	21
3. Marco Contextual	22
3.1. Descripción De La Empresa	22
3.2. Estructura Organizacional	24
3.2.1. Área de Administración:	24
3.2.2. Área de Ingeniería:	25
3.2.3. Área de Dibujo:.....	25
3.3. Crecimiento.....	26
3.4. Clientes	27
4. Análisis y Diagnóstico Actualidad De La Empresa	29

4.1.	Análisis de Observación Interna	29
4.1.1.	Alta acumulación de trabajo.	30
4.1.2.	Baja salida de proyectos.....	31
4.1.3.	Falta de un proceso normado y claro	32
4.2.	Análisis técnico y modelación	33
4.2.1.	Sistema Saturado.....	36
4.2.2.	Altos tiempos muertos dentro del proceso	39
4.2.3.	Escasa flexibilidad.....	39
4.2.4.	Escaso valor al agregar personal	41
5.	Propuesta De Rediseño.....	42
5.1.	Nuevo Proceso Productivo.....	44
5.2.	Controles y Levantamiento de información operativa.....	47
5.2.1.	Ficha de Proyectos	48
5.2.2.	Ficha Responsables	49
5.2.3.	Ficha Modificaciones.....	50
5.3.	Norma de Proceso.....	51
5.3.1.	Descripción de Cargos	52
6.	Evaluación Económica	54
6.1.	Ingresos	54
6.2.	Costos	55
7.	Conclusiones y Comentarios	56
7.1.	Trabajos Futuros.....	59
8.	Bibliografía.....	62
	ANEXOS.....	63
	ANEXO A: Hojas de Control y levantamientos de información	64
	ANEXO B: Modelo de software ARENA, situación original	68
	ANEXO C: Modelo de software ARENA, situación rediseñada	69
	ANEXO D: Modelo de Proceso Productivo, situación rediseñada	70
	ANEXO E: Esquema de Control.....	72
	ANEXO F. Norma del Proceso Rediseñado	73
	ANEXO G. Configuraciones de planta mínimas para distintos volúmenes de negocio.	89

Índice de Figuras

Figura 1.1. Metodología de Trabajo	13
Figura 2.1. Ciclo de un Proyecto estándar	14
Figura 2.2. Ciclo de Gestión de Proyectos (CEPAL 2000).	15
Figura 2.3. Ejemplo de Carta Gantt	16
Figura 2.4. Ejemplo de diagrama secuencial	17
Figura 2.5. Diagrama algoritmo CPM	17
Figura 2.6. Representación tiempos PERT	18
Figura 2.7. Red PERT, ruta crítica marcada en color rojo	19
Figura 2.8. Ejemplo de diagrama de cola (simulación)	20
Figura 2.9. Ejemplo de modelado digital de estructuras (Software ETABS)	21
Figura 3.1. Estructura Organizacional VPa	24
Figura 3.2. Datos de Crecimiento Índice IMACON	26
Figura 3.3. Datos de venta primer semestre 2012.....	27
Figura 3.4. Distribución de Proyectos por cantidad, datos 2012.....	28
Figura 4.1. Diagrama de Utilización VPa.....	30
Figura 4.2. Planilla de costeo de proyectos.....	32
Figura 4.3. Diagrama de Flujo de Proyecto	34
Figura 4.4. Resumen visual de datos modelo ARENA.....	35
Figura 4.5. Diagrama de sistema colapsado.....	41
Figura 5.1. Diagrama de aplicación de soluciones planteadas.....	44
Figura 5.2. Proceso previo al rediseño	46
Figura 5.3. Proceso rediseñado	46
Figura 5.4. Ejemplo de control, hoja de registro de proyectos	48
Figura 5.5. Control ficha proyecto	49
Figura 5.6. Control ficha responsables.....	50
Figura 5.7. Control ficha modificaciones	51
Figura 5.8. Ejemplo de diagrama IDEF0.....	52
Figura 7.1. Esquema de feedback constante	60

Índice de Tablas

Tabla 2.1. Ejemplo de tabla de procesos	16
Tabla 3.1. Resumen financiero empresa VPa 2009-2011	23
Tabla 4.1. Tabla de Tareas por Proyecto	34
Tabla 4.2. Configuración de personal modelo ARENA	36
Tabla 4.3. Resultados modelado ARENA	37
Tabla 4.4. Ejemplo de gráfica post simulación y colas formadas	38
Tabla 4.5. Tabla de resultados para simulación.....	42
Tabla 5.1. Tareas proceso rediseñado	45
Tabla 6.1. Comparación Ingresos.....	54
Tabla 6.2. Planilla de empleados sin rediseño.....	55
Tabla 6.3. Planilla de empleados posterior al rediseño.....	55
Tabla 6.4. Tabla de Gastos Generales	56
Tabla 6.5. Resumen de costos extra por rediseño	56
Tabla 6.6. Resumen evaluación económica	56

1. Introducción

1.1. Motivación

Este trabajo, como actividad final de la carrera de Ingeniería Civil Industrial, busca en su ejecución la utilización de los conocimientos adquiridos en la formación de toda la carrera dentro de una situación determinada, que en este caso será abordada dentro de la empresa de cálculo estructural VPa, Valladares Pagliotti y Asociados.

En este informe se aborda la situación detectada en la empresa durante el periodo transcurrido entre los meses de Abril y Agosto del año 2011, enfocándose esta labor principalmente en los problemas relativos a la fase productiva de la empresa, dejando de lado, por lo tanto, otras aristas del funcionamiento la empresa, las cuales sin embargo, no se encuentran exentas de dificultades, mas, el limitado tiempo disponible para la ejecución de este trabajo aconseja limitar los alcances del proyecto al ya mencionado foco.

La empresa en cuestión, fundada el año 1995 por su actual Gerente General y socio Director Enzo Valladares Pagliotti, ingeniero civil de la Universidad de Chile, se enfoca principalmente en la búsqueda de soluciones de Ingeniería que satisfagan los objetivos de seguridad, eficiencia y funcionalidad de las obras, respetando la intención creativa de su concepción arquitectónica[1]. La empresa, en sus 17 años de existencia ha destacado principalmente por su capacidad para entregar soluciones estructurales a piezas arquitectónicas únicas y de alta complejidad, por lo cual ha destacado especialmente en el mercado de la llamada arquitectura boutique (estructuras orientadas a ser únicas y con un marcado espíritu).

Actualmente la empresa, y en general el mercado de la construcción se encuentran desde hace meses inmersos en una bonanza económica importante, con índices de crecimiento por sobre los dos dígitos, de acuerdo a datos de la Cámara Chilena de la Construcción (CChC) [2], lo que ha hecho que la construcción en Chile sufra una fuerte expansión, aun cuando, en el caso de la empresa, esta expansión del mercado no ha podido ser aprovechado, en especial debido a que ésta no es capaz de absorber una mayor cantidad de demanda del mercado por estar totalmente copada su capacidad productiva. Si bien la alternativa en este caso parece ser bastante obvia, es decir, el crecimiento de la planta de empleados, la experiencia y la evidencia empírica muestran que la empresa aún con una mayor cantidad de empleados disponible no es capaz de mejorar de manera sustancial la cantidad de proyectos que puede atender por unidad de tiempo, además, la empresa, al comienzo de la aplicación de este trabajo se encontraba en una situación extremadamente comprometida, donde la casi totalidad de

sus miembros se encontraban al límite de su capacidad productiva, casi todos con muchos proyectos asignados y con una larga cola de los mismos que no podían ser atendidos dada la alta congestión de trabajo existente.

La falta de un proceso normado, claro y de común conocimiento para todos los miembros de la organización, así como la inexistencia de un repositorio de datos históricos sobre la duración de los proyectos realizados previamente por la empresa, impedían incluso la realización de proyecciones que permitieran pronosticar en qué momento del futuro próximo la situación de congestión podría disminuir y permitir a la empresa la aceptación de nuevos proyectos que inyectaran recursos a la empresa, a lo que se agregaba además, dificultades en el área administrativa y en el control de la cobranza de la empresa, en resumen, la situación de la empresa era en general crítica.

Para enfrentar la situación, se procedió a un análisis de la empresa en su conjunto, diagnosticando su situación, separando sus problemas y generando soluciones que permitieran enmendar su rumbo, mejorar su capacidad productiva y lograr, en definitiva, aprovechar la bonanza económica que actualmente vive el sector para obtener una mejor posición en el mercado en el cual se desenvuelve.

En el proceso de trabajo se contó con el respaldo del Gerente General de la empresa, Sr. Enzo Valladares, los jefes de área de Dibujo e Ingeniería, quienes, en conjunto con todos los miembros de la organización, participaron compartiendo tanto su experiencia dentro y fuera de la empresa (incluyendo empresas del sector), como sus inquietudes y propuestas para el desarrollo de soluciones a los problemas que, ellos mismos eran conscientes, limitaban el crecimiento de la empresa.

1.2. Alcances

Como se mencionó, se levantaron problemas importantes en varias de las aristas del funcionamiento de la empresa, pero dadas las limitaciones de recursos y tiempo, además de la necesidad de soluciones de alguna manera casi urgentes, es que los alcances de la misma se limitan casi en su totalidad al sector productivo de la empresa, el cual conforman principalmente el área de Dibujo y el área de Ingeniería (explicadas en detalle en el cuerpo de este trabajo).

Por lo anterior es que se dejarán de lado los mencionados problemas correspondientes al área administrativa y de cobranza de la empresa, sucediendo lo mismo con otra falencia detectada durante la realización del trabajo, consistente en la falta de una Estrategia Empresarial por parte de la organización, la cual, en la actualidad no cuenta con las correspondientes Misión y Visión, así como tampoco con Objetivos Estratégicos

que le permitan tomar como suya una posición de mercado; sin embargo, tales carencias deben ser consideradas como insumos y entradas del proceso de mejoramiento completo que la empresa requiere para mejorar su participación de mercado y sus resultados económicos.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Formalizar y normar el proceso productivo de la Empresa VPa, generando un modelo de producción que permita aumentar la demanda que la empresa puede absorber, en los niveles que ésta estime necesario.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar las necesidades y requerimientos del proceso productivo de la Empresa así como de cada una de sus etapas.
- Generar una estructura de producción para la Empresa que permita satisfacer sus necesidades de producción.
- Diseñar los controles correspondientes para que la estructura de producción sea sustentable en el tiempo, a pesar de las posibles variaciones que el mercado sufra.

1.4. Metodología

La metodología escogida para el desarrollo de este trabajo corresponde a una estructura básica de rediseño de procesos, la cual es descrita a continuación:

1.4.1. Definición del proyecto:

Establecer el proceso que será analizado en base a las necesidades de la empresa, esto implica definir de manera clara los alcances del proyecto, sus objetivos principales y las metas a conseguir.

1.4.2. Levantamiento de la Situación Actual

Consiste en generar una comprensión acabada del proceso en estudio, su funcionamiento, sus responsables, los datos con que se cuenta, la información que se utiliza, e incluso el medio en que esta inmerso.

1.4.3. Modelamiento de la Situación Actual

Se selecciona una herramienta de modelamiento que se adecúe a las necesidades del proyecto y del cliente, con ella se diagrama y documenta el proceso en estudio, facilitando la identificación de variables críticas del proceso, lo que permitirá orientar de mejor manera el rediseño.

1.4.4. Propuesta de Rediseño

Consiste en plantear alternativas de solución a los problemas levantados en las fases previas de análisis, redefiniendo secuencias, etapas, flujo de información, o lo que corresponda a fin de que el proceso resulte más eficiente comparativamente a la situación previamente levantada.

1.4.5. Formulación de Indicadores de Desempeño

En base a la propuesta ideada, se deben construir métricas que permitan medir la efectividad de la solución de rediseño propuesta y como ésta es realmente una mejor solución que la situación existente previa al rediseño.

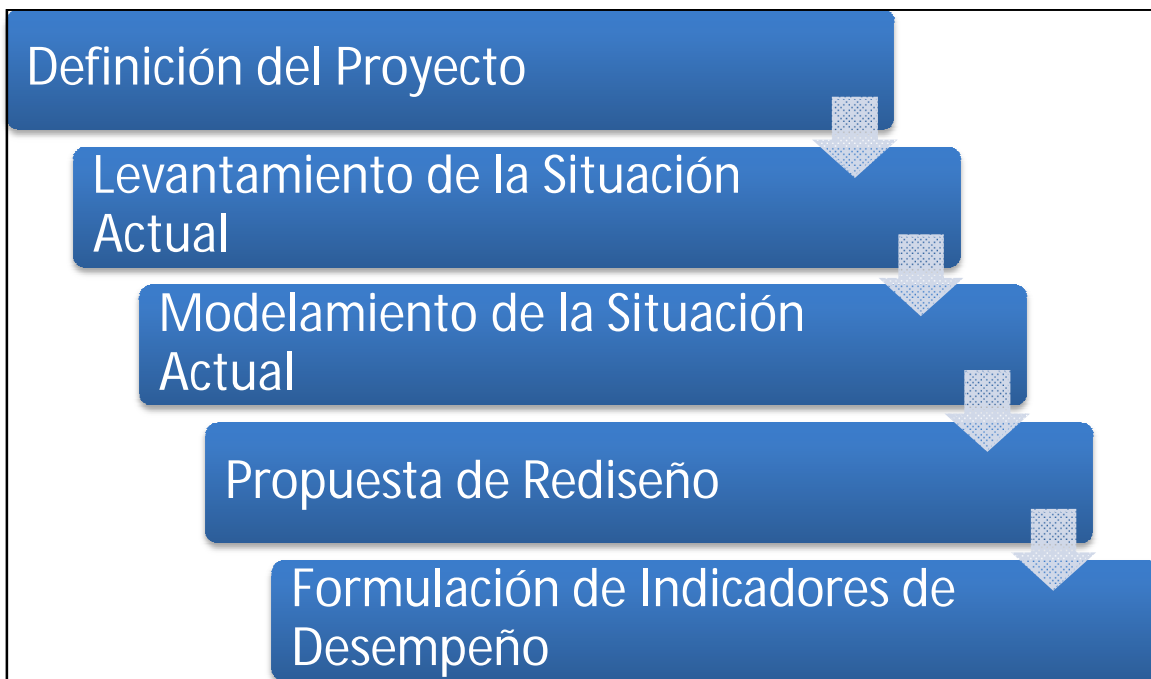


Figura 1.1. Metodología de Trabajo

2. Marco Conceptual

A continuación se presentan conceptos importantes para los análisis realizados en este trabajo:

2.1. Proyecto:

La palabra proyecto, en el contexto de este trabajo de Título, se entenderá como: “un conjunto articulado y coherente de actividades que tienen un objetivo común y que es normado por una metodología correspondiente”[3].

Un proyecto además contará con una serie de etapas:

- La idea de proyecto, el origen del mismo, puede nacer de una necesidad o una potencialidad de mejora
- Diseño, donde se trazan objetivos y la forma de conseguirlos, es la etapa en la que se generan los estudios de factibilidad (de acuerdo al tipo de proyecto).
- Ejecución, consiste en seguir la hoja de ruta previamente plasmada en la etapa de diseño.

- Evaluación, es la etapa final, donde se debe analizar el nivel de cumplimiento de los objetivos planteados y el resultado final del proyecto.

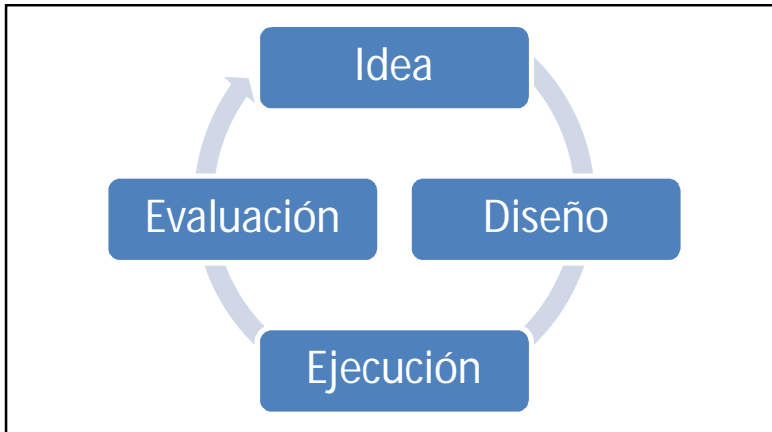


Figura 2.1. Ciclo de un Proyecto estándar

2.2. Gestión de Proyectos

“Conjunto de responsabilidades y de acciones necesarias para materializar un proyecto (consolidación de componentes) y para realizar su objetivo específico (propósito)” [4]

Este concepto es especialmente importante al enfrentarse a una amplia gama de proyectos, tanto en magnitud como en tipo, como es el caso de este proyecto de Título, donde se debe satisfacer una multitud de requerimientos muchas veces simultáneos a distintos tipos de clientes.

La gestión de proyectos es necesaria, toda vez que la cantidad y magnitud de los proyectos a cargo comienzan a escalar, de forma tal que es imposible, o poco práctico aplicar las metodologías de control convencionales. Asimismo, dada la naturaleza multiproyecto de su entorno, funcionar de forma cíclica, como se muestra en la figura siguiente.

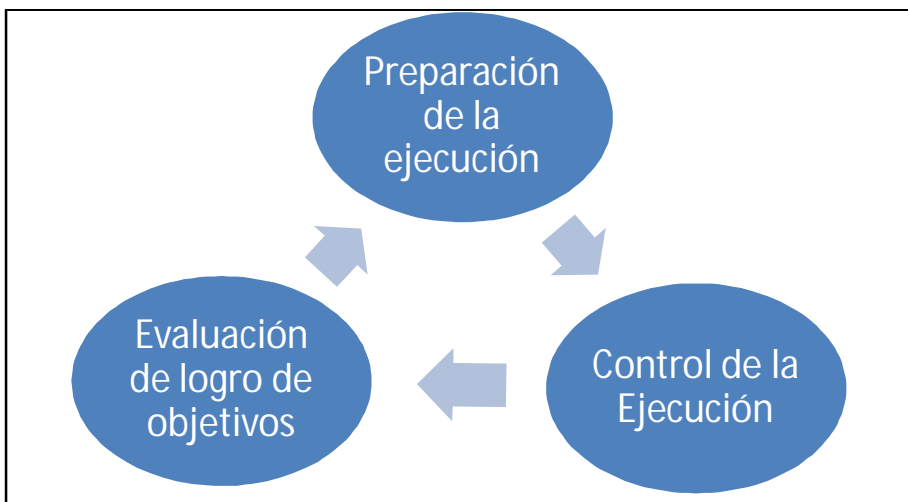


Figura 2.2. Ciclo de Gestión de Proyectos (CEPAL 2000).

2.3. Carta Gantt

Corresponde a una popular herramienta gráfica de gestión de proyectos que permite mostrar los tiempos de dedicación previstos para diferentes actividades o tareas a lo largo del tiempo, fue diseñada por Henry Laurence Gantt entre los años 1910 y 1915 [5].

De aplicación y conocimiento casi universal, la unidad de tiempo representada dependerá del horizonte temporal que sea adecuado o conveniente utilizar para la magnitud de cada proyecto, pudiendo ser ésta, días, semanas, meses, etc. Su aplicación se ve beneficiada hoy en día debido a multitud de software que permiten su generación, publicación y seguimiento.

Aun siendo de muy alta utilidad para la gestión de proyectos, tiene la limitante de no permitir establecer relaciones entre las distintas actividades, he ahí, que exista la necesidad, en caso de procesos muy complejos, de utilizarla en combinación con diagramas PERT o técnicas como la CPM.

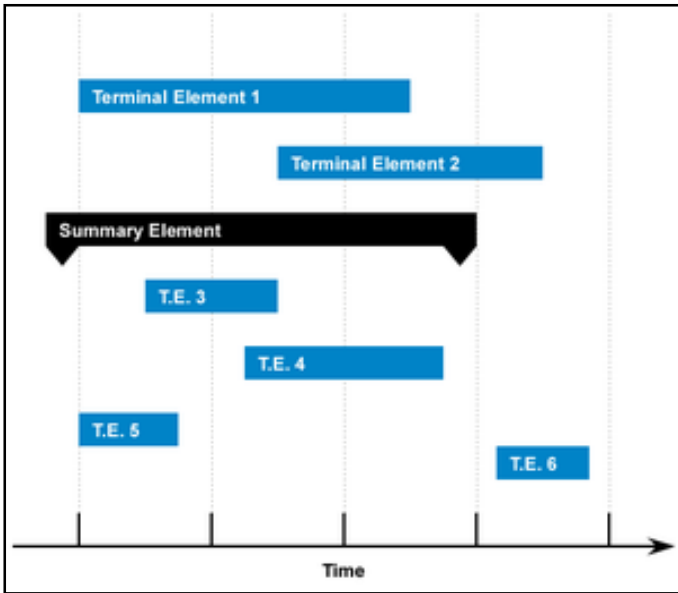


Figura 2.3. Ejemplo de Carta Gantt

2.4. CPM

El método de la Ruta Crítica, o en inglés *Critic Path Method*, es un algoritmo que permite determinar el tiempo de ejecución de un determinado proyecto, utilizando para ello los tiempos de proceso de cada una de sus etapas, teniendo como requisito, que tales tiempos sean determinísticos, por lo cual, se dice que este método no permite trabajar con incertidumbre, lo que limita su aplicación en casos complejos.[6]

Fue desarrollado de manera contemporánea a otro método similar, abordado a continuación, el método PERT, que a diferencia de CPM, si permite la incorporación de incertidumbre en su ejecución.

Para su ejecución, se requiere de la tabla de procesos que componen un proyecto completo, acompañado de los tiempos determinísticos de duración de cada uno de sus procesos, así como sus procedencias, la cual permitirá la generación de un diagrama secuencial.

Actividad	Duración	Predecesor
A	3	-
B	1	A
C	2	B
D	4	A
E	4	C-D

Tabla 2.1. Ejemplo de tabla de procesos

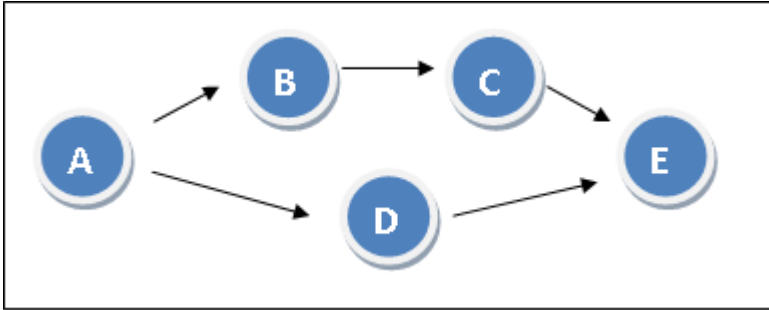


Figura 2.4. Ejemplo de diagrama secuencial

Finalmente, para la determinación de la ruta crítica que da nombre al método, se debe seleccionar la ruta que recorre el proceso desde principio a fin, en el tiempo más extenso, en el caso del ejemplo, correspondería a la ruta A-D-E, que tiene una duración de 11 unidades temporales, mientras que la otra candidata A-B-C-E solo demora 10 unidades temporales.



Figura 2.5. Diagrama algoritmo CPM

2.5. PERT

Las redes PERT, por el inglés *Project Evaluation and Review Techniques*, en español Técnicas de Evaluación y Revisión de Proyectos, corresponden a una herramienta de gestión de proyectos utilizada para analizar los tiempos necesarios para la consecución de determinadas tareas en ambientes no determinísticos, utilizando para ello una aproximación probabilista.

Fue diseñado originalmente por la Marina de Estados Unidos en el año 1958. La red PERT permite calcular el tiempo estimado (t_e) y la desviación estándar (σ) del tiempo de ejecución de determinado proyecto, utilizando para ello 3 tiempos:

- t_a : *tiempo optimista*, el tiempo más corto de procesamiento
- t_b : *tiempo pesimista*, el tiempo más largo de procesamiento
- t_m : *tiempo mas probable*, el tiempo más común de procesamiento

De acuerdo a la siguiente expresión

$$t_e = \frac{t_a + 4t_m + t_b}{6} \quad (4.1)$$

$$\sigma^2 = \frac{(t_b - t_a)^2}{36} \quad (4.2)$$

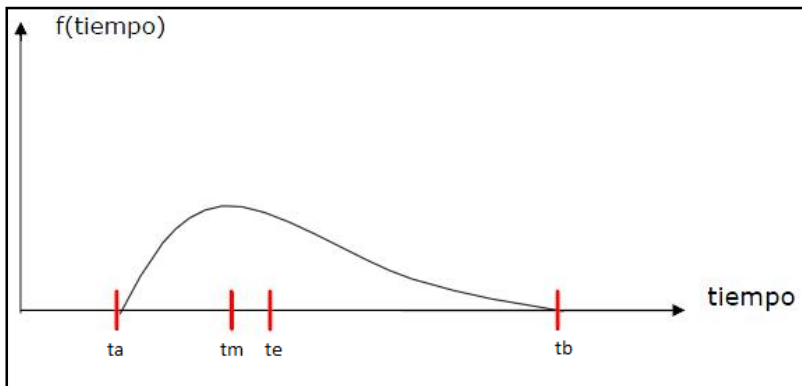


Figura 2.6. Representación tiempos PERT

Al reunir cada una de las actividades calculadas con PERT mediante un diagrama secuencial, es posible encontrar la ruta crítica (usando CPM), para finalmente obtener una distribución de probabilidad sobre la duración del proyecto total, es por esto que se dice que la red PERT, a diferencia de lo que sucede con CPM, es capaz de manejar la incertidumbre dentro de un proyecto.[6]

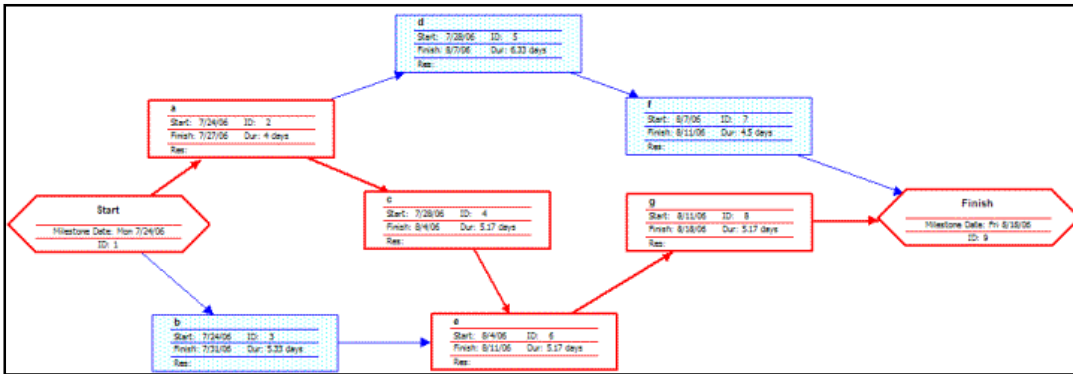


Figura 2.7. Red PERT, ruta crítica marcada en color rojo

Aplicando la metodología PERT, se obtiene que para una determinada secuencia de procesos:

$$t_e = \sum_{i \in S} t_i \quad (4.3)$$

Donde:

t_e : tiempo estimado total del proyecto

t_i : tiempo para la etapa i

S : representa a la Ruta Crítica del Proceso

$$\sigma_t^2 = \sum_{i \in S} \sigma_i^2 \quad (4.4)$$

Donde:

σ_t^2 : varianza del tiempo de duración total del proyecto

σ_i^2 : varianza del tiempo para la etapa i

S : representa a la Ruta Crítica del Proceso

Siendo T la variable aleatoria de la duración de un determinado proyecto, se sabe que:

$$T \rightarrow N(t_e, \sigma_t)$$

2.6. Teoría de Colas

La teoría de colas corresponde al análisis matemático que estudia el comportamiento de las líneas de espera o colas dentro de un grupo de servidores. Su análisis es una rama importante de la investigación de operaciones, debido a su aplicación en multitud de situaciones como el comercio, el transporte, los servicios, etc.

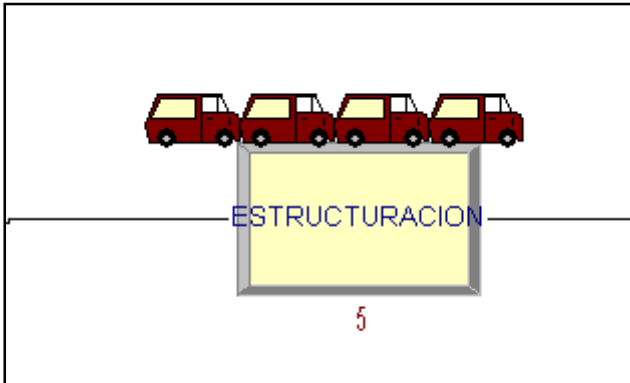


Figura 2.8. Ejemplo de diagrama de cola (simulación)

A continuación se listan los elementos más importantes correspondientes al análisis de una cola:

- Fuente de entrada, corresponde a la generación de clientes (o entidades) que el sistema deberá atender, la magnitud de la entrada de clientes dependerá de la situación a modelar.
- Cliente (o entidad), corresponde a quien (o que) debe ser atendido por el sistema en cuestión.
- Proceso de cola, corresponde al servicio por el cual las entidades se encuentran esperando en determinada cola, puede ser por ejemplo, un proceso de pintura.
- Capacidad de la cola, corresponde a la cantidad de entidades en espera que la cola sea capaz de mantener, como ejemplo, la cantidad de personas que la cola de una caja de banco es capaz de soportar.
- Disciplina de la cola, un punto muy importante es el cómo se elige quien de las entidades en espera debe ser atendido a continuación, las más recurrentes son FIFO (First In FirstOut, el primero en la fila es el siguiente en ser atendido) y LIFO (Last In FirstOut, el ultimo en la fila es el siguiente en ser atendido, a veces llamado pila)

2.7. Cálculo Estructural

El cálculo estructural, principal servicio entregado por la empresa estudiada en este trabajo, corresponde a la generación de soluciones estructurales acordes a la normativa vigente que no alteren la concepción artística de una estructura que su diseñador (en general un arquitecto) le entregó al momento de su creación.

La labor del ingeniero estructural dentro de un proyecto de cálculo corresponde principalmente las siguientes tareas:

- Estructuración, correspondiente a la generación de elementos estructurales (muros de contención, losas, vigas, etc.) que sean capaces de soportar la estructura diseñada por el arquitecto.
- Modelación, correspondiente a la generación de un modelo estructural informático que permita realizar los cálculos de resistencia de materiales para cada uno de los elementos involucrados.
- Testeo, correspondiente a la certificación, utilizando el modelo previamente creado (o en algunos casos, un modelo físico, para utilizar testeo mediante mesa sísmica), de que la estructura estudiada es capaz de cumplir la norma chilena relativa a la capacidad de resistir la carga estática para la que fue diseñada, así como la carga sísmica esperada de acuerdo a su ubicación y suelo.

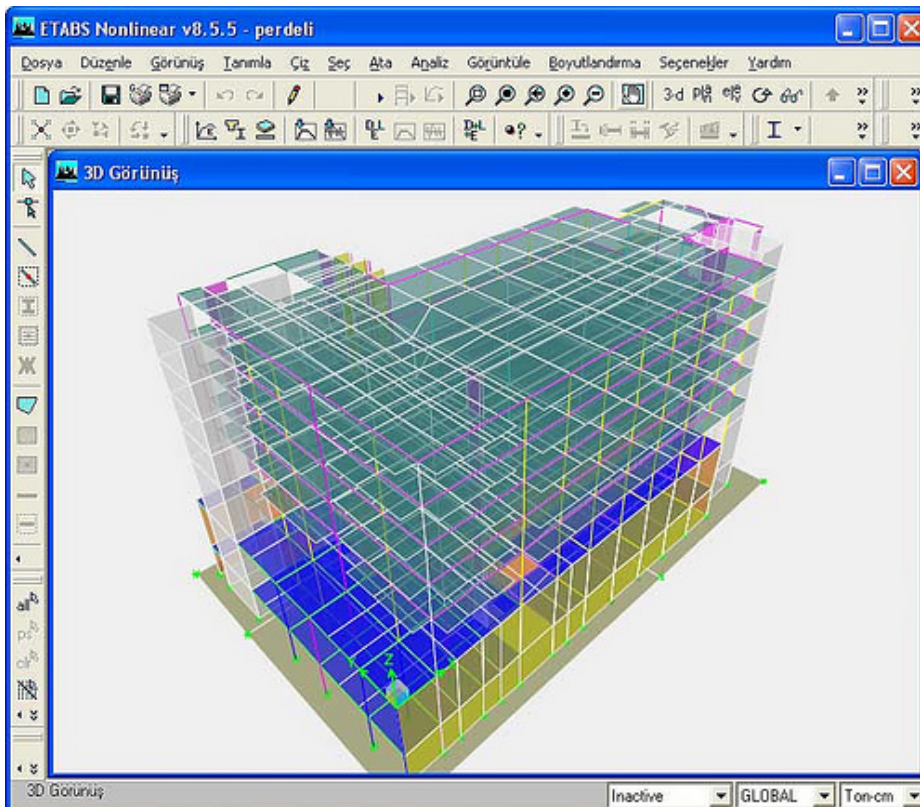


Figura 2.9. Ejemplo de modelado digital de estructuras (Software ETABS)

Para la realización de un proyecto de cálculo estructural, el ingeniero civil cuenta actualmente con una gran cantidad de herramientas computacionales que facilitan la realización de la gran cantidad de cálculos que una estructura civil requiere, así como la modelación de las propias estructuras (en forma digital, o real, sobre una mesa sísmica), entre los más usados actualmente destacan los software ETABS y SAP2000.

Como es de esperar una de las complicaciones mas reiteradas en la realización de proyectos estructurales corresponde a las divergencias y diferencias existentes entre las partes enfrentadas, por un lado, el diseñador de la estructura (generalmente un arquitecto) y por otro, el ingeniero calculista, encargado de certificar la calidad y resistencia de la estructura ideada, lo cual, en el general de los casos, requiere alteraciones físicas de importancia en las formas previamente diseñadas por el arquitecto, por lo cual, parte importante del desarrollo de un proyecto corresponde a la solución de estas diferencias (llamadas en el rubro Observaciones Estructurales).

3. Marco Contextual

3.1. Descripción De La Empresa

El proyecto abordado en esta Memoria de Título fue realizado en la empresa de Cálculo Estructural Valladares Pagliotti & Asociados, VPa, fundada en el año 1995 por su actual dueño Enzo Valladares Pagliotti, Ingeniero Civil, quien luego de trabajar durante años en el área de proyectos de construcción optó por iniciar su propia oficina de cálculo estructural, enfocada en el cálculo de estructuras fuera de lo normal, desafiantes y creativas (arquitectura boutique).

En 17 años de funcionamiento, la empresa ha aumentado y disminuido su producción y su planta de trabajadores de acuerdo al crecimiento de la economía y su importancia en el mercado inmobiliario, manteniendo de cualquier forma una baja participación de mercado (estimada en cerca de un 3% según cifras de venta anual) en comparación a las grandes empresas del sector, como por ejemplo René Lagos Ingenieros.

A la fecha, registra más de 500 proyectos construidos, abarcando desde la Primera a la Duodécima Regiones, incluyendo entre ellos edificios destinados a la educación (Universidad de Chile – Facultad de Odontología, Universidad de Tarapacá, etc.),

particulares (variadas casas, edificio Comunidad Circulo Israelita de Santiago, etc.), edificaciones industriales (Edificio Celulosa Arauco Itata) y otros¹.

Actualmente la empresa cuenta con una planta de 16 personas, separadas en 3 áreas:

- Ingeniería, encargada del cálculo estructural propiamente tal, modelamiento informático de estructuras y su testeo.
- Dibujo, encargada de la diagramación y entrega de los diferentes planos correspondientes a cada uno de los proyectos.
- Administración, encargada de la coordinación, facturación y cobranza de cada uno de los proyectos realizados.

La empresa se encuentra en este momento enfrentando una fuerte alza en la demanda de sus servicios, alza impulsada por el violento crecimiento que presenta actualmente el sector inmobiliario²; crecimiento que ha descubierto algunas de las falencias de la organización, los cuales serán analizados en los siguientes puntos de este informe.

Como muestra del relativo estancamiento en materia resultados de la empresa, se agregan datos de venta para el periodo 2009 – 2011

	2009	2010	2011
INGRESOS BRUTOS	\$ 179.265.415	\$ 252.254.026	\$ 206.319.391
COSTOS TOTALES	\$ 182.136.071	\$ 226.155.538	\$ 178.943.786
UTILIDAD	\$ 2.870.656	\$ 26.098.488	\$ 27.375.605
RENTABILIDAD	- 1.6 %	10.3 %	10.6 %

Tabla 3.1. Resumen financiero empresa VP a 2009-2011

Se observa que la empresa a pesar de contar en los dos últimos años mostrados con una buena rentabilidad, no es capaz de generar un crecimiento en sus ventas.

¹ Totalidad de proyectos realizados en [http://www.vpa.cl/Portafolio%20VPa%20\(2011\).pdf](http://www.vpa.cl/Portafolio%20VPa%20(2011).pdf)

² Crecimiento mensual sobre el 10% desde Enero a Abril de 2012 de acuerdo a <http://www.cchc.cl/2012/06/imacon-aumento-11-en-abril/>

3.2. Estructura Organizacional

La estructura de la empresa presenta 3 áreas claramente demarcadas, dirigidas por un único ejecutivo, el Gerente General, puesto que ocupa, desde su fundación, el socio fundador, Enzo Valladares.

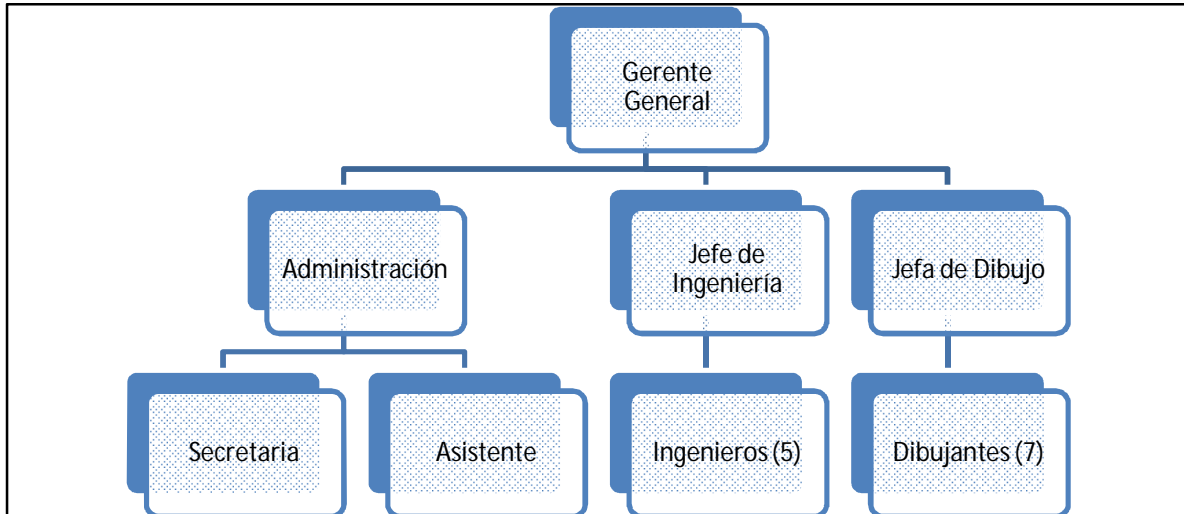


Figura 3.1. Estructura Organizacional VPa

Las áreas corresponden a:

- Área de Administración
- Área de Ingeniería
- Área de Dibujo

A continuación se describe la actividad de cada una de las áreas involucradas dentro del proceso productivo de la empresa.

3.2.1. Área de Administración:

Es el área encargada de realizar todas las tareas complementarias al proceso de cálculo y dibujo estructural, entendiéndose por ellas todas las tareas previas, paralelas y posteriores al proceso de cálculo de una estructura, como son:

- Promoción y marketing
- Cotización
- Entregas
- Facturación
- Cobranza

Para la realización de estas tareas la empresa en este momento cuenta con dos personas de planta; una secretaria y un asistente de gerencia, siendo ésta última además la encargada de realizar físicamente, en caso de ser necesario, la labor de retirada y entrega física de documentos (facturas, planos, fichas, etc.) además de la realización de cualquier visita externa que la empresa deba realizar (es decir, además incluye las labores de un estafeta).

3.2.2. Área de Ingeniería:

Es el área encargada de realizar todas las labores de cálculo y modelación de la empresa, siendo vista por la organización y por los clientes, como un área clave del proceso de ejecución de un proyecto estructural, en esta área recae la responsabilidad de transformar un determinado plano estructural (generado en una primera etapa por el ingeniero Senior), de acuerdo al proceso que actualmente sigue la empresa, incluyendo en éste:

- Modelación
- Testeo estático y dinámico de la estructura modelada
- Generación de Observaciones Estructurales
- Revisión de planos generados por dibujo

Para esta labor, el área de Ingeniería cuenta con un personal de 4 ingenieros, al mando del jefe de área, quienes actualmente, se encargan cada uno de un proyecto en su totalidad, es decir, son asignados desde el momento de la aceptación del mismo como los responsables de la completación de todas y cada una de las tareas, realizando algunas (como las arriba listadas) así como supervisando la labor de los dibujantes proyectistas, además de ser los encargados de mantener un vínculo, lo más estrecho posible con el mandante de cada proyecto, y sus interlocutores (arquitectos, representantes, constructores, etc.).

3.2.3. Área de Dibujo:

Es el área encargada de plasmar en planos físicos, las estructuras funcionales que el área de Ingeniería genera mediante la simulación informática de acuerdo a la normativa chilena y las exigencias propias de cada uno de los clientes. Tal labor se desarrolla actualmente en la empresa solamente mediante el uso de software comercial, habiéndose abandonado hace varios años el uso de dibujo técnico convencional.

Es importante destacar, que para una determinada estructura, existe una gran cantidad de planos generados (aproximadamente 32 para un edificio estándar de 7 pisos), lo que implica una fuerte carga de trabajo para el área de Dibujo, así como una importante coordinación que permita la entrega en tiempo y oportunidad de cada uno de los proyectos asignados.

Para completar esta tarea, el área de dibujo cuenta actualmente con 8 dibujantes proyectistas dirigidos por su respectivo jefe de área, quienes trabajan principalmente con el software AUTOCAD para la generación de cada uno de los planos que la empresa entrega a sus clientes.

3.3. Crecimiento

Actualmente el mercado de la construcción en el país da muestras de un excelente momento, impulsado por una fuerte explosión en la demanda, con índices de crecimiento sobre el 10% en promedio en el último año, de acuerdo a datos de la Cámara Chilena de la Construcción (CChC)[2]

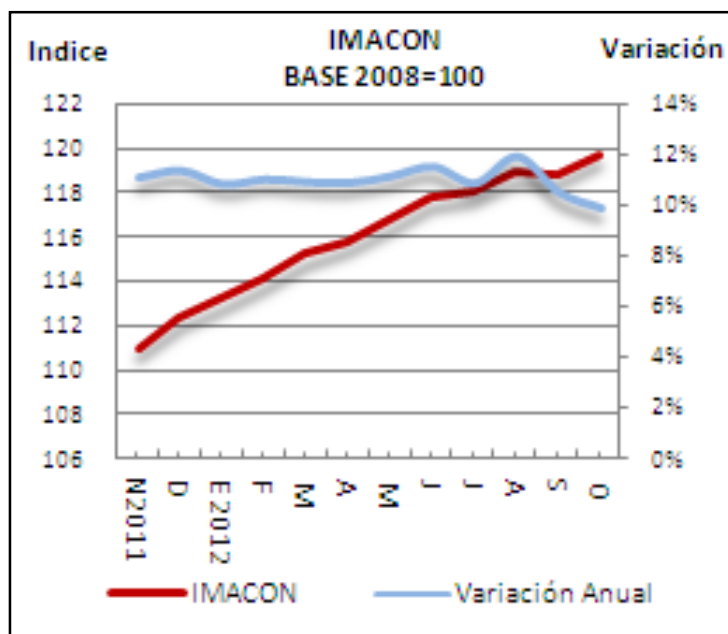


Figura 3.2. Datos de Crecimiento Índice IMACON

A pesar de lo anterior, y de la evidente prosperidad del mercado de la construcción en Chile, esta actual bonanza no ha repercutido en un aumento considerable en las ventas de la empresa, como puede observarse en el gráfico a continuación, principalmente, debido a la imposibilidad que tiene ésta actualmente para aumentar su capacidad de absorber demanda, motivo que preocupa de sobremanera a la dirección de la empresa, pues se estima que la situación actual del mercado es una oportunidad de crecimiento que dentro de algunos meses (o en su defecto, en el mediano plazo) se desvanecerá.

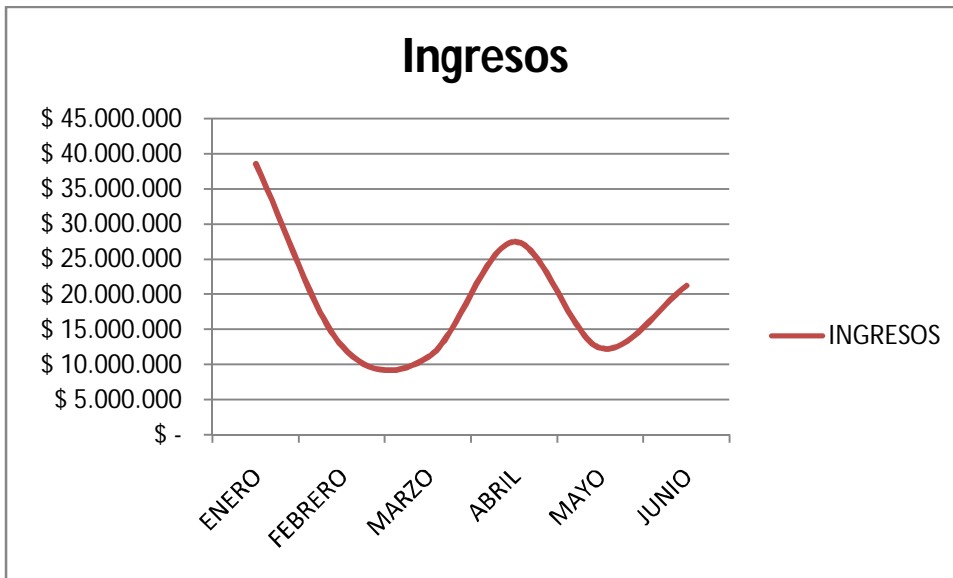


Figura 3.3. Datos de venta primer semestre 2012

3.4. Clientes

Los clientes de la empresa, pueden ser clasificados fácilmente de acuerdo al tipo de estructura que presentan para ser calculada, en particular:

- Estructuras Comerciales, como por ejemplo edificios de oficinas, locales comerciales, universidades, etc.
- Estructuras Particulares, principalmente, viviendas destinadas a ser ocupadas por clientes muy exclusivos de las oficinas de arquitectura, quienes buscan un sello especial en sus casas, generando estructuras de corte vanguardista y que buscan marcar tendencia.

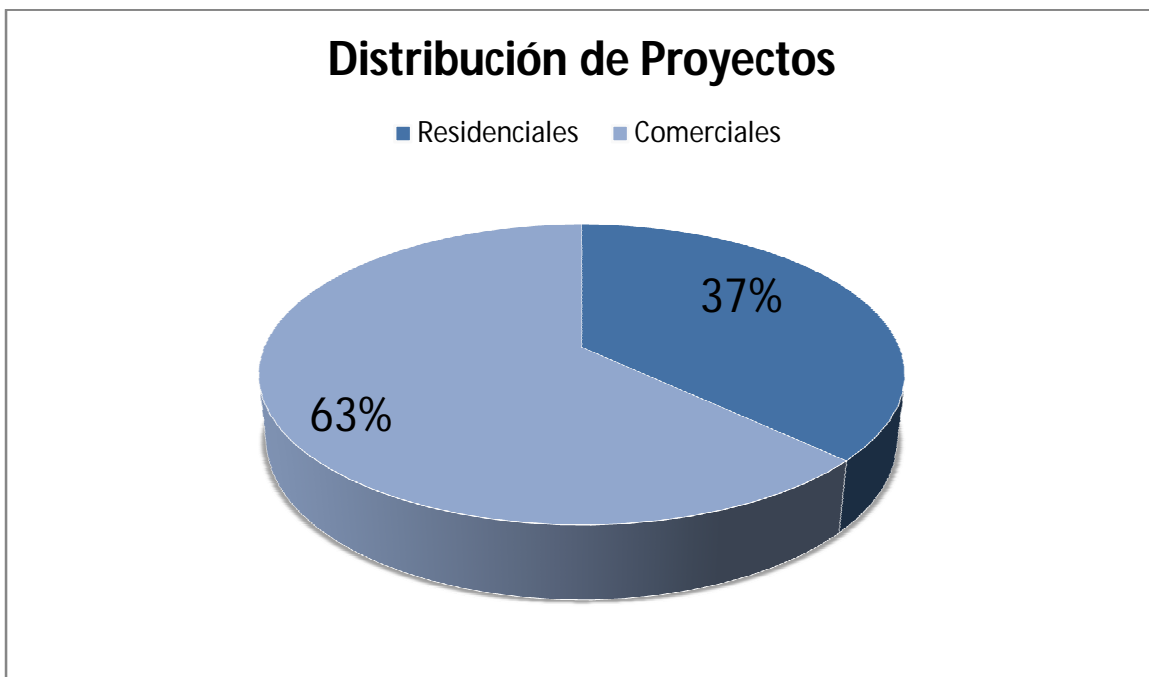


Figura 3.4. Distribución de Proyectos por cantidad, datos 2012

Como es de esperar, el primer grupo es sin dudas el que entrega mayores beneficios a la Organización, mas, existe un valor especial en la segunda categoría que la hace muy importante para la Empresa, esto es, el vínculo y acercamiento que se logra con potenciales clientes o colaboradores (constructores y arquitectos destacados principalmente), el cual a juicio de la Gerencia de la empresa, justifica realizar proyectos que no son tan rentables, en pos de generar futuros negocios para la primera línea (edificios comerciales), de forma tal que se constituye como una estrategia de negocios, lo que justifica su existencia como mercado objetivo.

Es importante destacar también, que para el caso de los proyectos residenciales, se agrega una variable importante de complejidad, dada la constante presencia de elementos que a la vez que hacen único un diseño, hacen muy difícil (y a veces impracticable) el cumplimiento de la normativa vigente[7][8], lo cual, muchas veces genera grandes alteraciones en los calendarios programados, debido a la necesidad de generar una gama de soluciones técnicas que deberán ser finalmente aceptadas (luego de la correspondiente negociación entre la oficina de Arquitectura y el ingeniero a cargo del proyecto) por el mandante del proyecto.

4. Análisis y Diagnóstico Actualidad De La Empresa

Cumpliendo la segunda etapa de la metodología planteada en el capítulo 2, se procedió al levantamiento de la situación actual de la empresa, el cual fue realizado, en una primera instancia, desde dentro de la empresa, formando parte activa de ella, incluyendo labores administrativas que permitieran conocer el funcionamiento interno y la cultura de la organización, para luego de terminada esta etapa, proceder a un análisis técnico, el cual incluyó una simulación informática del proceso productivo de la empresa, lo que permitió completar el mencionado diagnóstico de la situación actual de la organización.

Es importante destacar, antes de proceder con este capítulo, y en sintonía con lo mencionado en el apartado de alcances del mismo, que este trabajo, si bien se enfoca en el aspecto operativo de la empresa estudiada, no por ello asume como nulos otros efectos que también son muy importantes en su operación, en particular el comportamiento de la competencia y la gestión comercial, pero dados los alcances del trabajo, el análisis de estos factores y el cómo influyen en los resultados de la empresa, se dejan como una opción de crecimiento de este proyecto que podrá ser desarrollada por la empresa en el futuro.

El primer análisis, realizado a través de una participación íntegra en el funcionamiento de la empresa, incluyendo, además de la realización de este proyecto, la asignación de tareas complementarias, (con una duración de aproximadamente 4 meses) en la cual se levantaron los problemas desde dentro de la organización, de acuerdo a la observación y a las entrevistas realizadas a todos los miembros de la empresa, incluyendo en éstas a jefes de Área, personal administrativo y directivo.

El segundo análisis, requirió un levantamiento del proceso actual de la empresa (realizado en conjunto con la mencionada etapa de observación interna), para luego proceder a una modelación en el software de simulación ARENA, y la subsecuente detección de problemas existentes.

4.1. Análisis de Observación Interna

Durante el proceso de observación interna realizado en la organización, se detectaron, de acuerdo a entrevistas con el personal y la propia observación del funcionamiento de la empresa los siguientes problemas:

- Alta acumulación de trabajo

- Baja salida de proyectos
- Falta de un proceso productivo normado y claro

Es importante destacar, antes de proceder a un análisis más profundo de los problemas citados, que además de ellos, se detectaron otros, los cuales serán mencionados más adelante, pero descartados de este análisis debido a que sobrepasaban el alcance definido de este proyecto (limitado a la sección productiva de la empresa).

4.1.1. Alta acumulación de trabajo.

Este problema es probablemente el más notable en el proceso productivo de la empresa, es así como no existe, de acuerdo a las entrevistas realizadas, ninguna persona dentro del grupo humano que compone la organización (tanto personal administrativo como operativo, incluyendo jefes de área) que no señale como una dificultad grave, la alta saturación de proyectos en la que ha caído la organización.

Para obtener una magnitud del nivel de saturación que el personal de la empresa debía soportar diariamente se realizó un levantamiento de cada uno de los proyectos que cada uno de los ingenieros y dibujantes tenía asignado, y además, como esa asignación cambiaría en el corto plazo, (entendiendo que existían una serie de proyectos “en espera”, aun sin asignar) representándose esta información en una matriz de doble entrada, por un lado teniéndose los nombres (y cargos) de los involucrados, y en el otro eje, representándose las fechas del calendario, agregando para una mejor interpretación de la información contenida en la matriz un código de colores, todo lo anterior utilizando para representar la información el software Microsoft Excel.

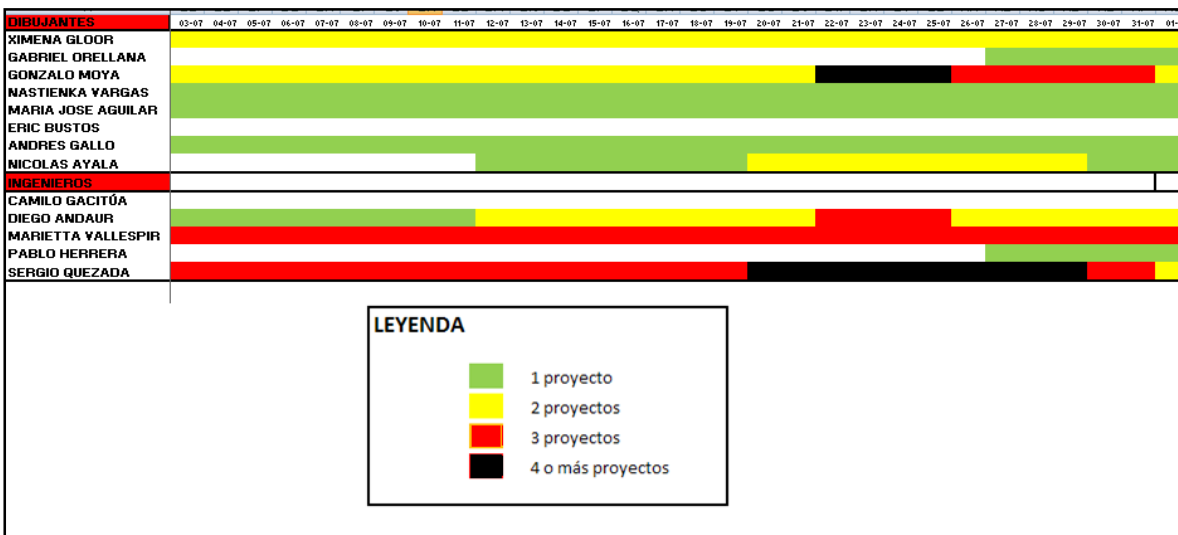


Figura 4.1. Diagrama de Utilización e RRHH VPa

Como se puede observar en la figura, al momento de aplicación de este instrumento la saturación era casi total en el área de ingeniería, viéndose un tanto disminuida en el área de dibujo, aún cuando debe recordarse que un proyecto consume en general más tiempo al dibujante que a un ingeniero (por ello hay el doble de dibujantes que ingenieros).

4.1.2. Baja salida de proyectos


Otro problema importante que fue detectado, y fue especialmente declarado en reuniones con el Gerente de la empresa, fue la baja salida de proyectos, estimándose ésta en 4 proyectos mensuales aproximadamente; la situación preocupa al Gerente de la organización puesto que, como es esperable, sin ser completados, los proyectos no pueden ser facturados en su totalidad, y por ende no pueden ser cobrados a menos que sean debidamente entregados a los clientes en cumplimiento de las fechas pactadas. Es así como, además de existir un escaso régimen de salida de proyectos, éstos generalmente se entregan con algún nivel de retraso (más del 70% de acuerdo a la información entregada por el área administrativa), lo que conlleva multas, o en el mejor de los casos, solo repercute negativamente en la percepción que el mercado tiene de la empresa.

Como es de esperar, los dos problemas ya citados, se potencian mutuamente, generando una suerte de dilema del “huevo o la gallina”, pues, al encontrarse el personal saturado (especialmente ingeniería), sin un ordenamiento prioritario de proyectos sobre el cual enfocarse, salvo en casos de extrema urgencia, cuando un proyecto se acerca a niveles de retraso de nivel importante (en palabras del jefe de ingeniería, “cerca de un mes”), es esperable que el nivel de salida de proyectos sea bajo, siendo muy similar el caso inverso, donde es aún más claro, que dada la falta de “salida” de proyectos, mientras estos sigan entrando, la cola de proyectos será creciente de manera indefinida.

Por otro lado, se debe agregar que al potenciarse estos dos problemas, se genera una tercera dificultad para el personal, que repercute fuertemente en el clima laboral de la empresa, puesto que desde el área administrativa y desde gerencia, la presión que los clientes aplican al consultar por el retraso de los proyectos es transmitida directamente al personal operativo (desde administración hacia ingeniería, y desde ingeniería a dibujo) el cual se resiente y está más proclive a cometer errores que puedan costar más días o incluso semanas de retraso en proyectos que se encuentran ya importantemente demorados[9]. Incluso, en casos más extremos, este continuo *stress* puede desembocar en trabajadores que renuncien, lo que significaría un duro golpe al ya exigido grupo productivo de la empresa al absorber de golpe la demanda previamente satisfecha por el empleado renunciado.

Finalmente, pero no por ello menos importante, se debe mencionar que el tiempo que un determinado proyecto pasa “dentro” del proceso productivo de la empresa es el principal *driver* de costo dentro de la misma, dado el tipo de servicio entregado (casi sin insumos, solo el tiempo de sus trabajadores), por lo cual, cada día extra que el proyecto pasa dentro del proceso productivo, es un monto de utilidad que la empresa está dejando de percibir, llegando muchas veces, de acuerdo a estimaciones hechas por este proyecto, a terminar varios proyectos presentes y pasados a números neutrales (cero utilidad del proyecto), e incluso rojos (utilidad negativa).

PROPUESTA DE COSTE Vpa



NOMBRE DEL PROYECTO	80813
NUMERO	COLEGIO DUNALASTAIR

INGRESOS PROYECTO [\$]	\$ 2.714.231
INGRESOS PROYECTO [UF]	120
UF PROYECTO	\$ 22.619

COSTO PROYECTO	\$ 1.999.479 * PRECIO CERO
----------------	----------------------------

	DIAS	HORAS	VALOR HORA	COSTE
INGENIERO A	10	90	\$ 7.222	\$ 650.000
INGENIERO B	0	0	\$ 5.000	\$ 0
DIBUJANTE A	20	180	\$ 4.722	\$ 850.000
DIBUJANTE B	0	0	\$ 2.500	\$ 0
ADMINISTRACION		12	\$ 2.778	\$ 33.333
SECRETARIA		5	\$ 2.778	\$ 13.889
COORDINACION		4	\$ 4.722	\$ 18.889
GG OFICINA		291	\$ 1.443	\$ 420.035
GERENTE		2	\$ 6.667	\$ 13.333

UTILIDAD PROPUESTA	15%
PRECIO PROP. DE PROYECTO	\$ 2.299.401
UTILIDAD PROYECTADA	\$ 299.922

Figura 4.2. Planilla de costeo de proyectos

4.1.3. Falta de un proceso normado y claro

Por último, cerrando el listado de problemas detectados desde dentro de la propia organización, la gran mayoría del personal involucrado en el proceso productivo de la empresa (no así el personal administrativo, salvo quizás el Gerente General) se mostró inquieto con la indeterminación en que se desarrollaban los proyectos a nivel de empresa, si bien es cierto que el proceso productivo de la empresa cuenta con una

estructura medianamente determinada, los tiempos implicados, inputs, outputs, responsables, etc. no siguen una norma determinada, lo que da espacio a la imprecisión e improvisación de cada uno de los involucrados de acuerdo a su propia apreciación de la situación. Si bien esto ha sido así desde siempre, (de acuerdo a los comentarios de los miembros más antiguos de la empresa) eso no significa de forma alguna que esta forma de operar sea óptima, es aquí donde destaca el carácter informal y en este sentido falta de una mirada integradora y de gestión del trabajo de proyectos, mencionándose esto sin perjuicio de la calidad técnica y profesional del trabajo que cada uno de los profesionales involucrados realiza (de acuerdo a la opinión de sus propios clientes).

La falta de un proceso normado y claro, generó que cada intento por realizar un control de proyectos, desarrollado más de una vez, previo a la aplicación de este proyecto de Memoria, ha concluido de forma insatisfactoria, principalmente dada la falta de un parámetro de control hacia el cual apuntar los esfuerzos, generando que cualquier medición realizada no tenga un objetivo, lo que puede ser resumido en la pregunta “¿cuál es el valor objetivo de duración de determinada sección del proyecto?” es decir, sin una norma que regle el proceso completamente, entregando a cada uno de los responsables involucrados al menos un rango de tiempo esperado para determinada tarea (las que suman actualmente más de 15), es técnicamente imposible conseguir el control del proceso productivo (que es justamente lo que se busca) y se está directamente a merced de la presión que los jefes de área (que además comparten funciones productivas con sus subalternos), puedan ejercer entre sus dirigidos para lograr cumplir con las fechas de entrega pactadas con los clientes, las cuales, para hacer aún más caótica la situación, están totalmente desconectadas de la situación productiva de la empresa.

4.2. Análisis técnico y modelación

Luego de la primera fase de diagnóstico de la empresa, se procedió a la modelación de la situación actual de la misma, utilizándose para ello, a falta de datos históricos confiables, el criterio y experiencia del jefe del área de Ingeniería, así como en casos particulares, de la opinión y experiencia de cada uno de los miembros de la organización.

Para la realización de este modelado, primero se procedió al levantamiento de los procesos que componen un proyecto “promedio”, cumpliéndose tales etapas en más del 95% de los proyectos que la empresa realiza a sus clientes, obteniéndose en tal levantamiento el proceso productivo que se detalla a continuación.

	Proceso	Duración [días]	Responsable	Predecesor
A	Estructuración	2	Ingeniero Senior	-
B	Inspección Visual	1	Ingeniero Senior	A
C	Modelamiento	4	Ingeniero	B
D	Desarrollo de Elevaciones	5	Dibujante	C
E	Desarrollo de Plantas	4	Dibujante	C
F	Revisión de formas y Correspondencia	2	Ingeniero	D-E
G	Análisis Estructural	5	Ingeniero	F
H	Informe de OE (analíticas y visuales)	2	Ingeniero Senior	G
I	Armado de Losas	6	Dibujante	H
J	Enfierramiento de Elevaciones	10	Dibujante	H
K	Revisión de Losas	3	Ingeniero	I
L	Revisión de Elevaciones	2	Ingeniero	J
M	Correcciones de Dibujo (L y E)	4	Dibujante	K-L
N	Revisión Final Losas y Elevaciones	3	Ingeniero	L
O	Modelamiento Fundaciones	2	Ingeniero	M
P	Dibujo Fundaciones	3	Dibujante	O
Q	Piscinas, escaleras, estanques y otros	3	Dibujante	P

Tabla 4.1. Tabla de Tareas por Proyecto

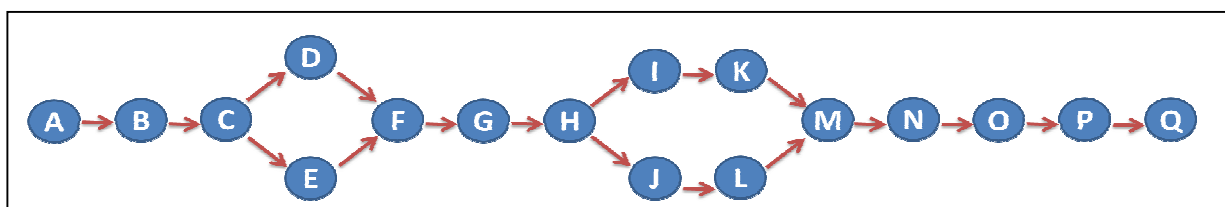


Figura 4.3. Diagrama de Flujo de Proyecto

Antes de proceder a un modelado de la situación, se debe discutir la existencia de elementos diferenciadores al momento de realizar la simulación computacional del proyecto, ante esta situación, se destaca la diversidad de proyectos que la empresa atiende, aun cuando, como se mencionó previamente, estos pueden ser separados en proyectos residenciales y comerciales. Aun con lo anterior, consultas con los profesionales a cargo del proceso de análisis estructural de los proyectos, resultaron en que proyectos residenciales y comerciales comparten características similares, y en gran medida solo son diferenciados de acuerdo al tiempo que éstos requieren en su realización debido al tamaño de las estructuras. De cualquier forma, esta diferencia en parte es compensada en el caso de los proyectos residenciales, puesto que éstos, de acuerdo a la experiencia de los consultados dentro de la empresa (jefes de área y gerente general) requieren una mayor cantidad de detalles y revisiones que los edificios comerciales en general, lo cual hace más cercanos los tiempos involucrados en ambos tipos de edificación.

De acuerdo al punto anterior, es que se tomó la decisión de realizar la simulación computacional con los siguientes supuestos:

- Entidad única de realización (un proyecto tipo), no diferenciable
- Diferencias en tiempos de atención dentro de las estaciones de trabajo, lo que permite incluir en la generación del modelo la dimensión de tamaño de los proyectos.

De esta forma, el proyecto se hace cargo de la variabilidad que presentan los proyectos atendidos por la empresa, para el caso general, el cual fue estimado de acuerdo a las ventas de los años 2010 y 2011 como superior al 95% de los casos, excluyéndose solamente asesorías especiales realizadas por la empresa durante el periodo.

Luego de levantado este procedimiento, éste fue implementado en el software ARENA, para su posterior simulación informática, cuidando de que la situación simulada se asemejara lo más posible a la realidad que en el momento de la simulación vivía la empresa (principalmente en términos de cantidad de personal, el cual, como se mencionó, presenta una alta rotación).

Se utilizó una configuración real de personal y horas trabajadas diarias para la simulación del modelo (8 horas diarias), realizándose esta en un horizonte temporal de 3 años (para garantizar un entendimiento al menos hasta el mediano plazo de la proyección de la situación actual), agregando, para facilitar la lectura de resultados de un resumen visual de información dentro del mismo modelo del programa.



Figura 4.4. Resumen visual de datos modelo ARENA

Cargo	Cantidad de Recurso
Ingeniero Senior	1
Ingeniero	5
Dibujante	8

Tabla 4.2. Configuración de personal modelo ARENA

La simulación realizada se enfocó principalmente en la capacidad del modelo productivo de generar la mayor cantidad de entidades procesadas anualmente, en este caso, proyectos terminados, midiendo además, y como objetivo de diagnóstico de la situación en que se encuentra la empresa, valores relativos a la utilización de los recursos humanos de la empresa (los individualizados en el cuadro previo), la cantidad de entidades en cola y el tiempo total que las entidades pasan dentro del proceso.

Para el proceso mismo de la simulación, se realizaron variadas rondas con distintos parámetros de operación, en particular se variaron:

- Parámetro de entrada de entidades, al alza y a la baja, en distintas intensidades.
- Configuraciones de personal, al alza y a la baja, combinando crecimientos individuales en cada uno de los puestos, como su combinación con el resto de la planta.

Luego de realizadas varias rondas de simulación, en las cuales se realizaron variados análisis de sensibilidad de acuerdo a lo planteado en el punto anterior, se detectaron las siguientes situaciones:

- Sistema saturado
- Altos tiempos muertos dentro del proceso
- Escasa flexibilidad
- Escaso valor al agregar personal

A continuación se entrega un análisis más detallado de las razones que permiten diagnosticar estos problemas dentro de la organización:

4.2.1. Sistema Saturado

Al realizar un análisis de los resultados del modelo, se puede observar una alta saturación del sistema modelado, con porcentajes de utilización para todos los cargos (recursos, para la modelación) mayores a 90%, una gran cantidad de proyectos en proceso, la que además, se muestra creciente en el tiempo, por lo cual, en caso de

tener una simulación más extensa generaría aun mayor cantidad de proyectos atrapados en una cola cada vez más extensa.

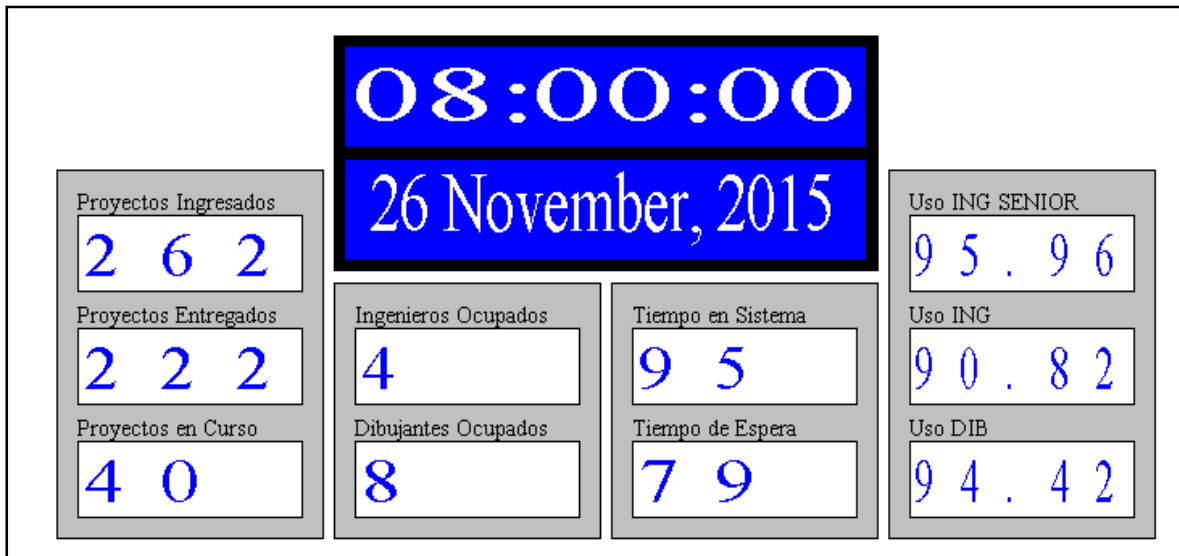


Tabla 4.3. Resultados modelado ARENA

La capacidad gráfica de ARENA permite además que una observación rápida de la representación del modelo simulado entregue información sobre la propia saturación del mismo, en este caso, se deben observar en la figura siguiente la magnitud de las colas formadas en determinados procesos, especialmente los realizados por el recurso “ingeniero” (las gráfica no es directamente proporcional a la cantidad de entidades en cola).

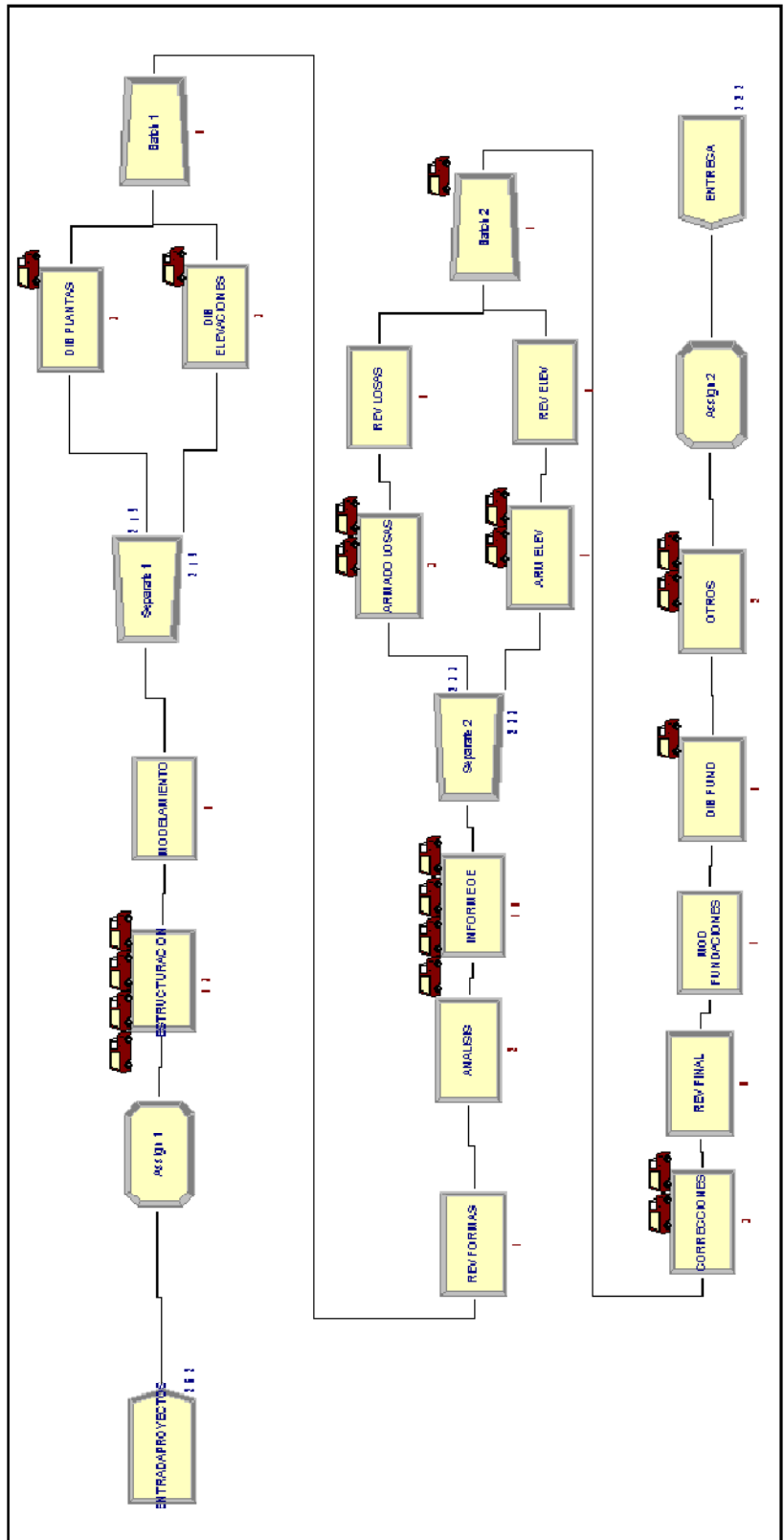


Tabla 4.4. Ejemplo de gráfica post simulación y colas formadas

Si bien esta situación fue manifestada en multitud de ocasiones por los miembros de la organización, se requería un fundamento técnico mas acabado para poder incluirla dentro de la lista de problemas existentes, fundamento que queda entregado de esta forma por la simulación realizada, la cual, evidencia no solo la situación actual de la empresa, sino que cada día que pasa - dado que en la práctica, la entrada de proyectos es mayor que la salida de los mismos de la fase productiva - el problema solo tenderá a agravarse de manera exponencial, dado que el sistema simulado no es capaz de recoger por ejemplo, la situación de un clima laboral desbordado por la creciente saturación de trabajo y el consiguiente stress que esto podría generar en los miembros de la organización[5].

4.2.2. Altos tiempos muertos dentro del proceso

Anexo al punto anterior, al realizar las pruebas con el modelo, se observa que gran parte del tiempo que un proyecto pasa dentro del proceso productivo es consumido dentro de las distintas colas que lo componen, es decir, una gran cantidad de tiempo, el proyecto se encuentra completamente desatendido (más del 70%), si bien, esto es inherente a un modelo formado por una serie consecutiva de colas, la propia configuración del modelo, excesivamente alargado y lineal fomenta este vicio, generando que un proyecto no pueda ser atendido a la brevedad, creando una carga adicional de stress a los miembros de la organización que son conscientes de que tienen asignada una carga de trabajo, de la cual, una parte no menor no ha tenido atención durante largos periodos de tiempo (esto último, levantado con los propios miembros de la organización).

Dada la importancia que tienen los tiempos de entrega para la empresa (multas por atraso, impacto en la imagen de la empresa para sus clientes, etc.), es que es vital entregar atención y disminuir estos altos tiempos muertos que los proyectos están actualmente manifestando en atención a generar una mejor y más rápida salida de proyectos y con ello conseguir el objetivo principal de la empresa en estos momentos, aumentar el número de proyectos que la empresa es capaz de sacar de la cola y entregar a sus clientes, y con ello aumentando el flujo de caja en el corto y mediano plazo.

4.2.3. Escasa flexibilidad

En este caso, al momento de realizar las simulaciones, se verificó el problema generado al cambiar la demanda de proyectos, la que por *default* fue fijada en una llegada

exponencial con una media de llegada λ de 4 días, de acuerdo a los datos de ventas entregados por la empresa para el último año. Es importante destacar que la llegada real de proyectos de la empresa en general no responde a una llegada exponencial, sino mas bien corresponde a estacionalidades en menor medida a nivel mensual, y en mayor medida enfocada en los meses de Octubre a Diciembre. Aún con lo anterior, dada la forma de operar del programa ARENA la mejor solución es aplicar una llegada exponencial, tomando el proceso de llegada de proyectos como un proceso de Poisson de parámetro $\lambda = 4$.

El problema detectado ocurre al momento de variar el parámetro de entrada de proyectos (λ), sucediendo que, tras modificar el parámetro de llegada al alza, el sistema entraba en colapso, alcanzando en pocos meses (del total de 36 simulados) cantidades altísimas de entidades en el proceso productivo (en cola o en proceso).

Esta escasa flexibilidad atenta directamente contra las perspectivas de crecimiento de la empresa, estancando su productividad de forma ostensible, demostrando que la forma en la cual el proceso está actualmente estructurado, no permite un crecimiento de la capacidad productiva, echando por tierra cualquier iniciativa de marketing que pretenda aumentar la demanda de proyectos de la Organización, dado que cualquier ingreso extra de proyectos, será directamente integrado en una cola ya saturada y que no puede permitirse administrar mas proyectos.

En la imagen siguiente se observa el sistema modelado luego de un aumento del 25% en la demanda (disminuyendo el λ de 4 a 3,5 días), en la situación ilustrada en la figura, se observa que el calendario se detuvo el día 27 de Enero del 2014, en circunstancias en que la simulación debiese continuar su recorrido hasta el día 26 de Noviembre de 2015 (3 años de simulación=, esto sucede debido a que la simulación fue calibrada para detenerse en caso de un aumento repentino de la cantidad de entidades en cola, situación indicativa de un estancamiento importante del flujo de proyectos, definiéndose para esto un número máximo de entidades en el sistema, dejándose éste, luego de una gran cantidad de iteraciones, en 120, número más que razonable entendiendo que la cantidad de proyectos atendidos en un año en la empresa es aproximadamente un 80% a esa cifra.

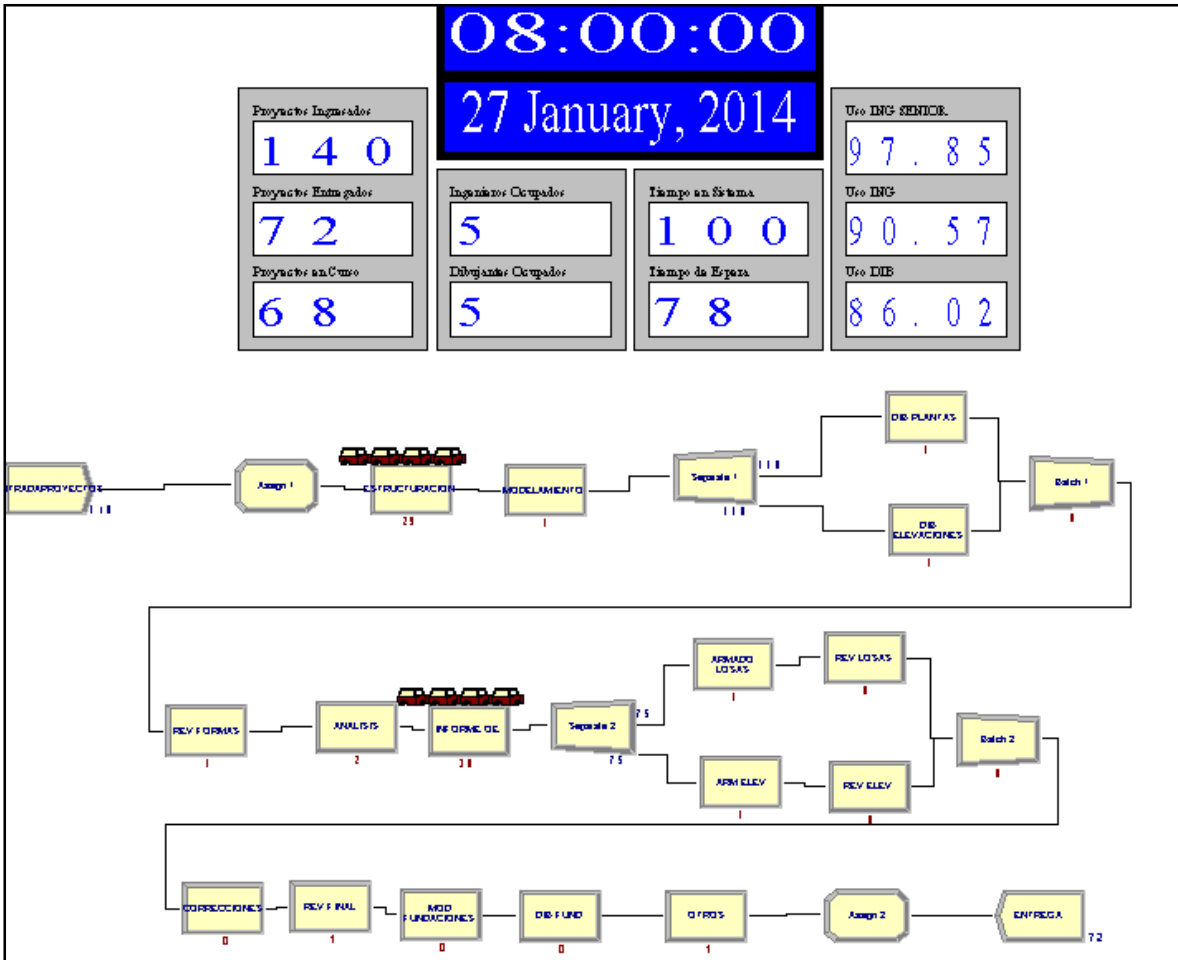


Figura 4.5. Diagrama de sistema colapsado

4.2.4. Escaso valor al agregar personal

Por último, el cuarto y último problema detectado en la fase de simulación del diagnóstico de la empresa, corresponde a la escasa (o casi nula) generación de valor al agregar personal (ya sea este agregado en cualquiera de los 3 recursos humanos involucrados: Ingeniero Senior, Ingeniero y Dibujante).

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos con distintas configuraciones de personal para el modelo original del proceso productivo de la empresa, seleccionándose éstas como ejemplo de los resultados clave levantados.

CASO	ING SENIOR	INGENIERO	DIBUJANTE	PROYECTOS / AÑO	MIN DÍAS
1	1	5	8	74	4
2	1	6	8	72	4,1
3	1	5	9	74	4
4	1	6	10	78	4
5	1	8	13	74	4

Tabla 4.5. Tabla de resultados para simulación

La última columna representada (MIN DIAS) indica la mínima cantidad de días entre llegadas para la distribución exponencial (entrada de proyectos) que el modelo es capaz de aceptar antes de entrar en la fase definida como colapso por el proyecto (120 entidades en cola).

Si bien el número de proyectos aumenta levemente, esta diferencia no parece ser estadísticamente significativa al compararse con la nula mejora en la capacidad de aceptar más demanda (disminuir los días entre llegada de proyectos, parámetro de entrada del sistema), especialmente es notable la comparación entre el caso 1 y el caso 5 en la figura 4.5, donde a pesar de aumentar considerablemente la cantidad de recurso humano implicado, la cantidad de proyectos por año, y la capacidad límite del sistema se mantienen constantes.

Este problema reviste especial importancia, puesto que el principal objetivo de la empresa en la actualidad es aprovechar el impulso que en este momento (y cuya duración es indeterminada) está sintiendo el sector de la construcción en el país, utilizando la situación de bonanza como un trampolín sobre el cual apoyar el crecimiento y proyección de la empresa en el mediano y largo plazo (próximos 5-10 años); al considerar esta situación, se hace totalmente inviable considerar el aumentar la planta de trabajadores, sabiendo que por la forma en que la organización opera el agregar más trabajadores puede no solo no aumentar la productividad, sino que incluso disminuirla, al aumentar la presión en el clima laboral de la organización (situación que no es abordada en este proyecto) al sentir ésta y su administración que los resultados esperados, dada la fuerte inversión que implicaría un aumento en la planta de trabajadores, no se traduce en un fuerte incremento de la capacidad productiva.

5. Propuesta De Rediseño

De acuerdo a lo observado y simulado en el punto anterior, se listan a continuación los problemas detectados en la fase de diagnóstico para su posterior abordaje de acuerdo a la metodología de rediseño que este proyecto de Título implementa:

Análisis de observación interna

- A. Alta acumulación de trabajo
- B. Baja salida de proyectos
- C. Falta de un proceso productivo normado y claro

Análisis técnico y modelación

- D. Sistema saturado
- E. Altos tiempos muertos dentro del proceso
- F. Escasa flexibilidad
- G. Escaso valor al agregar personal

Un total de 7 problemas fueron levantados dentro de la estructura de proceso productivo de la empresa, descartando en el análisis cualquier falencia existente dentro de aristas del funcionamiento de la empresa diferentes a la operación, aun cuando estas si fueron informadas en las entrevistas realizadas con el personal, esto debido al alcance diagramado para este proyecto de título.

La solución propuesta por este proyecto puede separarse en 3 medidas concretas:

- Nuevo Proceso Productivo
- Controles y levantamiento de información operativa
- Norma del Proceso

Las cuales serán a continuación justificadas para luego proceder a su presentación.



Figura 5.1. Diagrama de aplicación de soluciones planteadas

5.1. Nuevo Proceso Productivo

Para enfrentar los problemas A, B, D y G principalmente, el diseño de un nuevo proceso productivo, heredero del actualmente usado por la empresa, pero que incluya en su formulación respuestas a los problemas detectados por este trabajo, probado previamente mediante una simulación informática en el software ARENA, el cual fue luego aprobado por la propia empresa en atención a la posibilidad de ser aplicado en su estructura al menos en el corto y mediano plazos.

El nuevo proceso productivo fue ideado principalmente bajo la intención de lograr un proceso más corto, limitando la existencia de colas consecutivas que en el diagrama original hacían que cada proyecto pasara gran cantidad de tiempo esperando en largas colas, lo que correspondía físicamente a un grupo de planos arrumbados en el escritorio de un dibujante o ingeniero de la organización, siendo por tanto un proceso no solo extremadamente lento sino que además atentaba directamente contra el clima laboral y la percepción de agobio que cada profesional sentía desde el primer momento de llegada a su puesto de trabajo (una cola siempre existente de trabajo pendiente).

Evidentemente no es trivial la generación de un proceso productivo de una duración marcadamente menor sin atentar contra la calidad del trabajo o las etapas involucradas en éste, por lo cual la opción tomada fue principalmente paralelizar algunas tareas que se estaban efectuando actualmente de forma secuencial sin ser esto de manera alguna necesaria (es decir, no se necesita concluir la actividad 10 para hacer la actividad 11, por lo cual se pueden hacer de forma paralela) y por otro lado, dividiendo la actividad de

mayor duración (la cual cubriría aproximadamente el 20% de la duración total del proyecto) en dos labores paralelas que pueden ser realizadas de manera paralela por dos personas distintas.

El nuevo proceso, si bien no difiere de gran manera del formato previo de estructuración sí es capaz de absorber mayores cantidades de demanda, genera una productividad creciente al agregar una mayor cantidad de recursos humanos (para el modelo Ingeniero Senior, Ingeniero y Dibujante corresponden a los recursos) y además tiene una duración total de aproximadamente el 80% en comparación al proceso sin modificaciones, aun cuando para su funcionamiento requiere de un mayor consumo de recursos (dada la paralelización de actividades que antes no existía o existía en menor grado).

Se agrega a continuación la nueva diagramación del proceso

Duración CPM: 31 días				
N°	Proceso	Duración [días]	Responsable	Predecesor
A	Estructuración	2	Ingeniero Senior	-
B	Inspección Visual	1	Ingeniero Senior	A
C	Modelamiento	4	Ingeniero	B
D	Desarrollo de Elevaciones	5	Dibujante	C
E	Desarrollo de Plantas	4	Dibujante	C
F	Revisión de formas y Correspondencia	1	Ingeniero	D-E-P
G	Análisis Estructural	5	Ingeniero	F
H	Informe de OE (analíticas y visuales)	1	Ingeniero Senior	G
I	Armado de Losas	6	Dibujante	H
J1	Enfierramiento de Elevaciones 1	5	Dibujante	H
J2	Enfierramiento de Elevaciones 2	5	Dibujante	H
K	Revisión de Losas	3	Ingeniero	I
L	Revisión de Elevaciones	2	Ingeniero	J1-J2
M	Correcciones de Dibujo (L y E)	2	Dibujante	K-L
N	Revisión Final Losas y Elevaciones	3	Ingeniero	L
P	Dibujo Fundaciones	3	Dibujante	C
Q	Piscinas, escaleras, estanques y otros	3	Dibujante	P

Tabla 5.1. Tareas proceso rediseñado

Se agrega además la representación gráfica de ambas situaciones (previa y rediseñada) para comparación visual

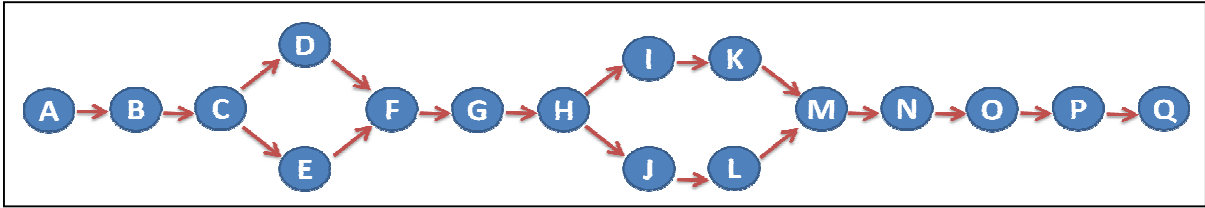


Figura 5.2. Proceso previo al rediseño

En términos concretos, se procedió al movimiento de la actividad P (“Dibujo de fundaciones”) a una fase mucho más temprana en el proceso, debido a que su ejecución no requería de la finalización de las fases que tenía previamente como origen, es más, debido al rediseño, se elimina la existencia como tal de la actividad O (“Modelamiento de fundaciones”), la cual es integrada dentro de la actividad C (“Modelación”), con la cual compartía grandes similitudes, generándose una fuerte sinergia al realizarse conjuntamente por la misma persona. En la misma línea, se procedió a la división de la tarea individualmente más extensa de la cadena, la actividad J (“Enfierramiento de elevaciones”), generándose 2 procesos paralelos, que serán realizados por dos dibujantes, aumentando la eficiencia de la línea, disminuyendo los tiempos de espera en la estación. Finalmente la tareas N (“Revisión Final Losas y Elevaciones”) y Q (“Piscinas, escaleras, estanques y otros”) fueron paralelizadas debido a que no requerían la finalización mutua para ser realizadas y repercutían positivamente aumentando la eficiencia de la línea de producción de acuerdo a las simulaciones realizadas.

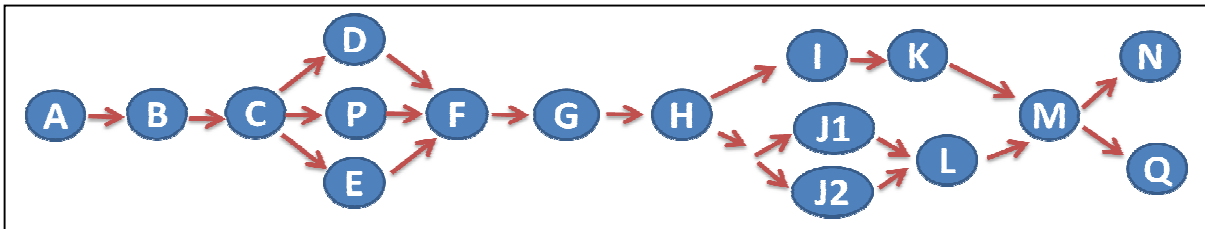


Figura 5.3. Proceso rediseñado

Se puede observar a simple vista como el proceso mantiene una estructura relativamente constante, mas, aumenta la ejecución de labores paralelas siempre que esto sea posible, especialmente reduciendo la cantidad excesivamente alta de colas al final del proceso (5 colas consecutivas en el proceso original).

5.2. Controles y Levantamiento de información operativa

La segunda solución, corresponde a la ejecución de un sistema que sea capaz de levantar información, controlar avances y evaluar a los involucrados en la ejecución de cada uno de los proyectos que desde el momento de aplicación de este trabajo sean realizados por la organización a fin de garantizar el cumplimiento del nuevo procedimiento y su correspondiente norma de utilización.

La información levantada mediante la aplicación de estos controles será además una importante fuente de datos que permitirán a futuro mejoras en el diseño y estructuración de la empresa y ayudarán a ésta a tomar decisiones basadas en información más ajustada a la realidad que la que en la actualidad se dispone, lo cual constituyó una limitante para este proyecto, y fue el origen de la necesidad de realizar parte del análisis de la empresa de acuerdo a la experiencia y criterio de los miembros de la organización, el cual, aun siendo confiable, no entrega la seguridad que un set de datos duros levantados a lo largo de los años puede entregar.

El registro de control se implementará a lo largo de todo el proceso productivo de la empresa, registrando datos como:

- Fecha de entrada
- Metros cuadrados del proyecto
- Tipo de Estructura (comercial, vivienda, etc.)
- Responsables dentro de la empresa
- Tiempos totales y por cada una de las etapas de ejecución
- Modificaciones que se hayan realizado al proyecto por parte del cliente

VPa
VALLADARES PAGLIOTTI & ASOCIADOS

FICHA DE REGISTRO PROYECTOS Vpa
CALCULO ESTRUCTURAL

Nº

NOMBRE DEL PROYECTO

ARQUITECTO

FONO ARQUITECTO

FECHA DE INGRESO

FECHA DE CIERRE ESTIMADA

FECHA DE CIERRE

MOTIVO DE CIERRE

INGENIERO A CARGO

DIBUJANTE A CARGO

MONTO

METROS CUADRADOS

Figura 5.4. Ejemplo de control, hoja de registro de proyectos

En la aplicación de este proyecto, el control y levantamiento de información será llevado a cabo en forma de fichas de control, diseñadas de acuerdo a las necesidades de información levantadas con la empresa, aun cuando se espera y proyecta que en una nueva etapa (no contenida en este proyecto) la información se centralice y conduzca a través de un sistema informático de control de proyectos o similar.

En concreto, las medidas de control se presentan a continuación (se agregan a tamaño completo estas fichas en el cuerpo Anexo A):

5.2.1. Ficha de Proyectos

Corresponde a la forma más básica de registro de información de los proyectos realizados por la empresa, en el se incluyen los datos más generales de cada proyecto, como son:

- Número de proyecto
- Nombre del proyecto
- Tipo de proyecto
- Arquitecto responsable
- Datos de contacto de arquitecto
- Responsables internos
- Monto de proyecto

- Superficie calculada
- Fechas de ingreso, cierre esperado y cierre final

VPa
VALLADARES PAGLIOTTI
ESTRUTURAS

FICHA DE REGISTRO PROYECTOS Vpa
CALCULO ESTRUCTURAL

Nº

NOMBRE DEL PROYECTO

ARQUITECTO

FONO ARQUITECTO

FECHA DE INGRESO

FECHA DE CIERRE ESTIMADA

FECHA DE CIERRE

MOTIVO DE CIERRE

INGENIERO A CARGO

DIBUJANTE A CARGO

MONTO

METROS CUADRADOS

Figura 5.5. Control ficha proyecto

Tales datos deberán ser agregados a medida que éstos estén disponibles y ser mantenidos siempre, aún cuando el proyecto no sea concluido por la empresa (razón por la cual se incluye una casilla de “motivo de cierre”), en el archivador “PROYECTOS” de manera conjunta a las otras fichas mencionadas a continuación.

5.2.2. Ficha Responsables

La ficha responsables tiene por objetivo levantar la información correspondiente a quienes sean los encargados de llevar determinado proyecto a cabo, así como también los tiempos involucrados, ya sean estos estimados, como sucede al principio del proyecto, en el momento de la diagramación, o reales, al momento de realizar el contraste entre los pronosticado y lo efectivamente realizado luego de finalizado el proyecto.

VPa
VILLAMARÉS PABLOTTI

FICHA TAREAS PROYECTO N°

NOMBRE DEL PROYECTO

MANDANTE

ARQUITECTO

DIBUJANTE (S)

FECHA INGRESO

FECHA SALIDA (ESTIMADA)

TAREA

	Días Asignado Hecho	
1 Estructuración	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2 Inspección Visual	<input type="text"/>	<input type="text"/>
3 Modelamiento	<input type="text"/>	<input type="text"/>
4 Desarrollo de	<input type="text"/>	<input type="text"/>
5 Desarrollo de Plantas	<input type="text"/>	<input type="text"/>
6 Revisión de formas y	<input type="text"/>	<input type="text"/>
7 Análisis Estructural	<input type="text"/>	<input type="text"/>
8 Informe de OE	<input type="text"/>	<input type="text"/>
9 Armado de Losas	<input type="text"/>	<input type="text"/>
10 Enfierramiento de	<input type="text"/>	<input type="text"/>
11 Enfierramiento de	<input type="text"/>	<input type="text"/>
12 Revisión de Losas	<input type="text"/>	<input type="text"/>
13 Revisión de	<input type="text"/>	<input type="text"/>
14 Correcciones de Dibujo	<input type="text"/>	<input type="text"/>
15 Revisión Final Losas y	<input type="text"/>	<input type="text"/>
16 Dibujo Fundaciones	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Figura 5.6. Control ficha responsables

A diferencia de la ficha anterior, esta ficha solo debe ser llenada una vez, solo agregándose información en caso de modificaciones realizadas por el cliente, o por la empresa ante situaciones de fuerza mayor que impliquen necesariamente la alteración de las fechas comprometidas.

5.2.3. Ficha Modificaciones

La última de las fichas de registro está orientada directamente a llevar un control e historial de las modificaciones que el cliente, sus arquitectos o cualquiera de sus partes realice al proyecto, indicando tanto la modificación realizada como el tiempo total que la modificación agregará a las fechas comprometidas con el propio cliente.

VPa
VALLADARES PAGLIOTTI & ASOCIADOS

FICHA DE REGISTRO MODIFICACIONES VPa
CALCULO ESTRUCTURAL

Nº

NOMBRE DEL PROYECTO

MANDANTE

ARQUITECTO

FONO ARQUITECTO

MODIFICACIONES REALIZADAS

MODIFICACIÓN	DÍAS DE RETRASO
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
TOTAL RETRASO	<input type="text"/> DÍAS

Figura 5.7. Control ficha modificaciones

En este caso, la ficha solo deberá ser modificada en caso de existir modificaciones, las cuales deben ser siempre informadas al cliente (en caso de ser solicitadas por el arquitecto u otros), realizando el debido proceso de recargo en el monto final del proyecto que corresponda al monto de la modificación realizada.

5.3. Norma de Proceso

Directamente relacionada con el problema C, la falta de un proceso que norme y dicte el funcionamiento de la empresa es, a juicio de este trabajo, una de las principales razones de que el área productiva de la empresa se encuentre actualmente empantanada y sin posibilidades de crecimiento, con dificultades extremas incluso para indicar una fecha de entrega para algunos de sus proyectos y más aún de la capacidad que sus miembros, ingenieros o dibujantes, tienen de recibir nuevos proyectos para su ejecución.

La norma de proceso incluirá no solo la serie de pasos que un proyecto debe cumplir para culminar su proceso dentro de la empresa, sino además para cada una de estas secciones, quienes serán sus responsables, sus tiempos de entrega (o rangos, en caso de ser necesarios), además de sus correspondientes entradas y salidas.

La aplicación de esta norma de procedimiento será a través de la metodología de diseño IDEF0.



Figura 5.8. Ejemplo de diagrama IDEF0

La existencia de un criterio único de funcionamiento entregará a la organización un control que actualmente no posee debido a la relativa libertad de decisión y criterio que el actual proceso productivo entrega a cada uno de sus miembros ejecutores.

Debido a su extensión, la totalidad de la norma redactada se encuentra en el cuerpo de anexos, sección F, para su consulta.

5.3.1. Descripción de Cargos

Se procede a continuación a la definición de los cargos utilizados en la norma a fin de que su perfil y sus capacidades requeridas queden completamente definidos.

Asimismo, se agrega el número de cada uno de los representantes de los cargos que este proyecto ha estimado correspondiente determinar su número, si bien puede ser modificado, fue elegido de acuerdo al resultado de las simulaciones realizadas, llegándose a él, por representar, con respecto a la configuración original (1 ingeniero senior, 5 ingenieros, 8 dibujantes), un aumento en la capacidad de administración de proyectos un 25% superior (ver capítulo de Evaluación Económica), aumento considerado por este trabajo como razonable para el corto plazo, sin perjuicio de que se

modifique al alza la cantidad de personal involucrado de acuerdo a las necesidades de crecimiento que la empresa plantee en el mediano plazo. Se agrega además, en el cuerpo G de anexos, un cuadro con las configuraciones que el modelo identifica como mínimas para distintos volúmenes de negocio que la empresa pudiese plantear como necesarias, para la formulación de sus planes estratégicos y comerciales en el mediano plazo.

Dibujante

Número requerido: 13

Descripción:

Encargado de la realización de las tareas (valga la redundancia) de dibujo comprendidas en esta norma, utilizando el software de dibujo asistido por computador (CAD, por sus siglas en inglés) que la empresa provee (actualmente AutoCAD), plasmando en planos de estructura, las interpretaciones y modificaciones que el ingeniero determine de acuerdo a la modelación de la situación correspondiente a la estructura civil estudiada.

Ingeniero

Número requerido: 8

Descripción:

Encargado de la modelación y testeo de las estructuras estudiadas, así como también, de la supervisión de la labor de los dibujantes involucrados en el proyecto, siendo de esta forma, el ingeniero el llamado a liderar el equipo, y ser ante todo, el interlocutor clave entre el mandante (o su arquitecto, o cualquier otro validado por el mandante) y la empresa, prestando siempre atención a sus requerimientos, entregando soluciones de manera presta y responsable.

Ingeniero Senior

Número requerido: 2

Descripción:

Encargado y llamado a ser el líder de la rama productiva de la empresa, su principal labor es velar por la buena relación con los clientes, la toma de decisiones clave en términos de observaciones técnicas y la estructuración de los proyectos, así como estar presente en las reuniones de coordinación que se realicen con el cliente, su experiencia debe ser amplia, a fin de poder ofrecer, de manera confiable y segura, soluciones técnicas de calidad a las inquietudes y requerimientos de los clientes.

6. Evaluación Económica

Finalmente, para evaluar la viabilidad práctica del rediseño de proceso productivo realizado en este proyecto, es vital analizar las posibles ventajas (o desventajas) económicas que este cambio producirá en la operación de la organización.

En un primer punto, se analizarán los cambios que se generarán en materia de ingresos, debido al aumento de la capacidad operativa de la empresa, para luego, evaluar también la inevitable alza en materias de costos, debido al aumento de la planilla de trabajadores necesarios para este crecimiento.

6.1. Ingresos

De acuerdo a la información levantada dentro de la empresa, la empresa, el año recién pasado, vendió la suma total de \$206.319.391 millones de pesos en proyectos, esto corresponde solamente a lo efectivamente procesado por la empresa, no incluyéndose por tanto la cifra de proyectos potenciales, o de acuerdo a la nomenclatura de la empresa “montos cotizados”.

De acuerdo al modelo simulado de la empresa, ésta sería capaz de desarrollar, con su plantilla actual de empleados, un total de 61 proyectos anualmente (aproximadamente 5 mensuales), generando éstos un ingreso total aproximado y proyectado de \$ 206.320.000.

Ahora, el nuevo modelo, de acuerdo a la misma simulación de la empresa, pero teniendo en cuenta una planilla de empleados sustancialmente superior (ver figura a continuación) es capaz de generar un total de 107 proyectos, generando éstos un ingreso total proyectado de \$361.904.506, lo que constituye un aumento en nivel de ventas de un 75%.

PROYECTOS SIN REDISEÑO		61
PROYECTOS CON REDISEÑO		107
VALOR POR PROYECTO PROMEDIO	\$	3.382.285
INGRESOS SIN REDISEÑO	\$	206.319.391
INGRESOS CON REDISEÑO	\$	361.904.506

Tabla 6.1. Comparación Ingresos

6.2. Costos

De acuerdo a la información levantada en la empresa, los siguientes corresponden a los valores de mercado actuales para los distintos cargos necesarios en el proceso productivo

	CANTIDAD	SUELDO	COSTO ANUAL
ING SENIOR	1	\$ 1.700.000	\$ 20.400.000
INGENIERO	5	\$ 1.300.000	\$ 78.000.000
DIBUJANTE	8	\$ 650.000	\$ 62.400.000
TOTAL SUELDOS ANUAL			\$ 160.800.000

Tabla 6.2. Planilla de empleados sin rediseño

Como se puede apreciar en la figura anterior, la planilla necesaria de trabajadores, tal que pueda sostener un aumento importante de la demanda y generar mayores ingresos implica un fuerte incremento de personal, especialmente en el área de ingeniería, la que además, presenta un sueldo por persona agregada considerablemente mayor al caso de los dibujantes proyectistas.

De acuerdo a la cantidad de empleados necesaria se presenta a continuación una tabla con el costo total en materia de sueldos de modificar el actual proceso productivo de la empresa (montos brutos).

	CANTIDAD	SUELDO	COSTO TOTAL
ING SENIOR	2	\$ 1.700.000	\$ 40.800.000
INGENIERO	8	\$ 1.300.000	\$ 124.800.000
DIBUJANTE	13	\$ 650.000	\$ 101.400.000
TOTAL SUELDOS ANUAL			\$ 267.000.000

Tabla 6.3. Planilla de empleados posterior al rediseño

Además de lo anterior, es importante destacar que la evaluación debe incluir además los materiales que los nuevos integrantes de la empresa puedan necesitar (principalmente computadores, y artículos de oficina) sumado al valor de la adquisición o arriendo de un inmueble con la capacidad de absorber la demanda de espacio creciente que se generaría por la llegada de nuevos integrantes al equipo.

ARRIENDO	\$	386.993		
PERSONAL EXTRA		9		
COMPUTADORES		9	\$ 400.000	\$ 3.600.000
ESCRITORIOS		9	\$ 50.000	\$ 450.000
ASEO Y OTROS (VARIOS)			\$ 400.000	\$ 4.800.000
TOTAL GASTOS GENERALES				\$ 13.493.916

Tabla 6.4. Tabla de Gastos Generales

SUELDOS S/R	\$	160.800.000
SUELDOS C/R	\$	267.000.000
DELTA SUELDOS	\$	106.200.000
GASTOS GENERALES	\$	13.493.916
TOTAL COSTOS EXTRA	\$	119.693.916

Tabla 6.5. Resumen de costos extra por rediseño

Por lo cual, el costo total en un año de modificación del proceso productivo de la empresa corresponde (incluyendo en éste, sueldos, infraestructura y recursos tecnológicos) a un total de \$119.693.916.

DELTA INGRESOS	\$	155.585.115
DELTA COSTOS	\$	119.693.916
UTILIDAD NETA DE REDISEÑAR	\$	35.891.199

Tabla 6.6. Resumen evaluación económica

Resultando finalmente, la aplicación del proyecto en una utilidad neta (proyectada) de \$35.891.199 solo a un año de su aplicación, número muy interesante, pues corresponde a más del 130% de la utilidad promedio de los 2 últimos años de la empresa (\$ 27.375.605 en 2011, \$ 26.098.488 en 2010), lo que significa que el proyecto es altamente rentable para la empresa, incluso en el corto plazo.

7. Conclusiones y Comentarios

Finalizado ya el estudio comprendido en este trabajo, y efectuado por tanto el principal objetivo del mismo, es decir, la formalización y norma del proceso productivo de la empresa VPa, es posible realizar conclusiones importantes, tanto en materias

directamente relacionadas con el funcionamiento de la empresa estudiada como en el ámbito de la gestión de proyectos.

De acuerdo a lo realizado dentro de la empresa es destacable el descubrimiento de problemas de larga data dentro de la organización, los cuales, en su gran mayoría, parecen proceder de la naturaleza original de la empresa estudiada, es decir, un emprendimiento personal, ejecutado por el fundador (y actual Gerente General), que si bien, presentaba, y aun presenta una altísima calidad profesional en materia de Ingeniería Estructural, no generó en el momento de su concepción, o no contó con la asesoría adecuada en ese momento para ello, una estructura organizacional pensada de manera profesional, sino que por el contrario, toda la estructura de funcionamiento de la empresa fue generada a través del crecimiento de la empresa alrededor de su persona, de acuerdo a las necesidades de corto plazo que la empresa iba sintiendo, sin atender a un análisis táctico o estratégico que permitiera dotar a la empresa de herramientas que le permitieran un crecimiento sostenido en el tiempo, lo cual, generó finalmente que las necesarias estructuras, planillas de empleados, procesos y cualquier tipo organización dentro de la empresa fueran formadas de manera apresurada y cortoplacista, decantando finalmente en los problemas levantados durante la realización de este proyecto[10].

El presente trabajo pretende constituir uno de los eslabones en la importante cadena de procesos que debe realizar la empresa para lograr dar el importante paso entre la situación actual, que podría ser denominada un emprendimiento funcional pero no eficiente, y el objetivo de largo plazo que la empresa debería adoptar, una empresa, eficaz, eficiente y efectiva dentro del mercado, incluyendo además de lo realizado en este trabajo, (enfocado principalmente en el segmento productivo de la empresa) la generación de las necesarias Misión y Visión, así como de un set de Objetivos Estratégicos que permitan a la empresa tomar una posición dentro del mercado, atractiva para sus clientes y sus socios accionistas, guiando sus acciones y permitiendo la toma de medidas de alto nivel para mejorar su porcentaje de mercado.

Por otro lado, en relación al propio trabajo realizado y sus resultados, uno de los primeros puntos a destacar es la escasez o falta de información relativa a los proyectos realizados existente dentro de la organización y como esta falencia fue uno de los primeros escollos a superar durante este proyecto de título, superado mediante la utilización de la simulación informática y la información entregada por miembros de la organización que permitió calibrar el modelo informático generado de forma tal que sus resultados fuesen correspondientes al caso real, y con ello generar los cambios y rediseños que este proyecto planteaba desde sus objetivos.

En relación al punto anterior, el dinamismo y capacidad de prueba entregada por la simulación informática fue clave a la hora de generar soluciones y alternativas en términos de ordenamiento de tareas y ajuste de la cadena de producción de la empresa, permitiendo la realización de multitud de pruebas, correcciones y sobre todo variaciones sobre cada uno de los parámetros del modelo (especialmente vital en el caso de la cantidad de recursos humanos, parámetro clave a la hora de evaluar la viabilidad de alguna configuración en particular) en un escaso tiempo, la representación gráfica que el software ARENA entrega al usuario fue muy útil a la hora de la interpretación de la multitud de resultados obtenidos en estas pruebas.

Se generó un modelo productivo, heredero del actualmente utilizado, capaz de enfrentar una creciente demanda de trabajo, que además permite rentabilizar la presencia de un equipo operativo de mayor envergadura, mejorando la situación actual de alto estancamiento de proyectos dentro de la organización, que luego de su aplicación permitirá una mejora en el clima laboral de la organización, al no verse ésta superada por la demanda de trabajo que cada uno de sus miembros debe soportar, sino que por el contrario, se espera que, con las modificaciones hechas, las colas de proyectos tenderían a desaparecer en el corto o mediano plazo, una vez se concreten claro las medidas referidas en este trabajo.

El modelo informático generado presenta a su vez una flexibilidad que no tiene precedente dentro de la operación de la empresa, pudiendo ser éste modificado de acuerdo a las necesidades que la empresa deba enfrentar entregando la posibilidad de modificar parámetros como la demanda que la empresa enfrenta para así encontrar una configuración de recursos humanos viable para el manejo de tal demanda, un antiguo anhelo de la empresa que pudo ser satisfecho de forma anexa a la consecución de los objetivos planteados en este trabajo. De cualquier forma, el modelo puede ser modificado en un nivel más profundo, alterándolo en caso de ser necesario, a criterio de la empresa, a fin de dotar al proceso productivo de nuevas características, procesos, controles, etc. que le entreguen, en el mediano o largo plazo un valor extra al producto desarrollado por la empresa.

La generación de una norma de trabajo, aun cuando ésta ya existía en parte de manera tácita dentro de la empresa, entregará una nueva herramienta de control por parte de la empresa a fin de ser capaz ésta, sus supervisores y sus propios miembros, de exigir el cumplimiento de un protocolo de tiempos, entradas y salidas para cada una de las etapas que constituyen la elaboración de un proyecto dentro de la empresa, tiempos que antes de la realización de este trabajo no eran normados por ningún plazo, y eran asignados de acuerdo al criterio de cada uno de sus responsable, de acuerdo a la necesidad del cliente y por supuesto el nivel de trabajo presente en la organización. La existencia de esta norma entrega a la empresa la capacidad de controlar a sus miembros con respecto a parámetros directamente ligados a la producción y no

solamente, como se hacía hasta hoy, controlando los horarios de entrada y salida, lo cual como es esperable, tiene muy poca relación con la capacidad y calidad del trabajo de cada uno de los miembros de una organización.

La generación de instancias de control que por protocolo y norma de la empresa deban llevarse dentro del proceso productivo de cada proyecto que la empresa realiza, permitirá levantar datos que hasta el momento no existen dentro de la organización (duración promedio de la producción de un proyecto, metros cuadrados promedio, etc.) y que permitirán realizar mejoras al proceso y modelo generados en este mismo trabajo, entregando la capacidad de realizar una retroalimentación constante que fomente la mejora iterativa de este proyecto, que permita, en el mediano plazo, con más datos e información histórica acumulada, encontrar probablemente nuevas soluciones para las dificultades que puedan surgir en el mismo periodo dentro de la empresa o mejores soluciones que las aquí planteadas para los problemas levantados en esta ocasión.

Finalmente, concluir que además, en conjunto con los puntos anteriores, la evaluación económica del conjunto de medidas planteadas en este trabajo muestra que, aun en el corto plazo (un año), la aplicación de este trabajo resulta en un beneficio neto para la empresa, al compararse con la situación actual, de casi un 140% de la utilidad anual actual que ésta ha desarrollado en los últimos 3 años, lo que convierte este trabajo en una excelente oportunidad de crecimiento y desarrollo para la empresa estudiada.

7.1. Trabajos Futuros

Finalizada la aplicación de este proyecto de título es importante destacar que alternativas existen para que en un futuro, en el mediano o corto plazo las soluciones diseñadas puedan ser aumentadas o complementadas para el mayor beneficio de la empresa.

El primer punto a destacar en esta materia es la retroalimentación que debe aplicarse durante y luego de la primera ejecución del proyecto, utilizando para ello el levantamiento de información crítica que la aplicación de los controles diagramados en este proyecto implementa, esto a fin de mejorar las estimaciones hechas en este trabajo, las cuales, como se mencionó previamente debieron acudir, a falta de fuentes mas fehacientes de información, a la experiencia empírica y el criterio de los involucrados en un primer momento y luego a la simulación (basada en el primer punto) para la elaboración del rediseño presentado en estas páginas.

Es esperable que exista una brecha difícil de franquear entre lo estimado y la duración real de las etapas que involucra cada parte del proyecto, algo que en una primera instancia no afecta la validez del modelo diagramado dentro de este trabajo, pero si

permite, que una vez realizadas las mediciones reales y en un plazo que entregue validez estadística (al menos un año, el que corresponde aproximadamente a un centenar de proyectos realizados) modificar parte de los parámetros de la modelación realizada, generando con esto un modelo más cercano a la realidad, que involucra mas información y que por tanto es esperable pueda predecir de mejor manera el comportamiento de la organización en materias productivas.

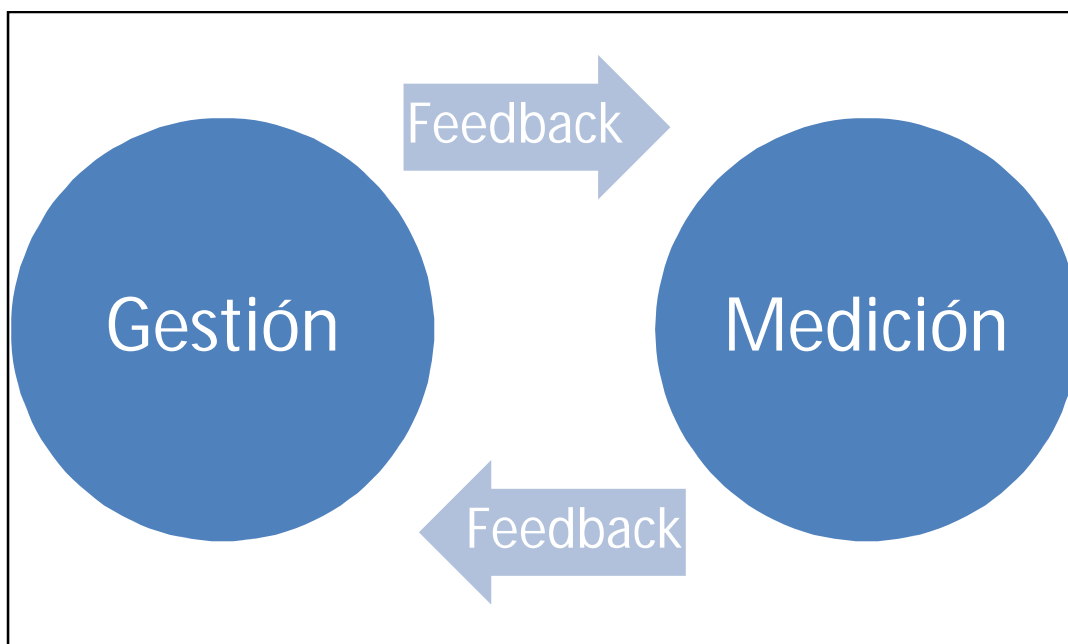


Figura 7.1. Esquema de feedback constante

Otra arista importante que no fue tratada en este trabajo y puede generar importantes complicaciones al funcionamiento de la empresa corresponde a la gestión de las áreas no comprendidas en este proyecto, a saber, el área administrativa, la cual se encarga en la actualidad de dos principales labores, primero que todo, la administración logística de la organización, lo que incluye desde el pago de remuneraciones y toda la labor de Recursos Humanos, hasta la compra de insumos, labor en la cual posiblemente se puedan detectar problemas de poca incidencia en materia de rendimiento para la empresa, y por otro lado, se encarga también de la gestión de cobranza, ámbito que como ya se menciono escapa a los alcances de este proyecto, pero de todas formas significa una fuerte carga a la operación de la empresa, con constantes dificultades a la hora de realizar los cobros a los clientes, muchas veces por servicios realizados varios meses atrás. Modificar y reestructurar el proceso de entrega de proyectos y cobranza es sin dudas el siguiente punto a atacar luego de los problemas productivos detectados en la empresa, pues, tal y como sucede con el atochamiento actual de proyectos dentro de la organización, el costo en el clima laboral que se vive mes a mes en la empresa, debido a la ineficacia en materia de cobranza, y la consiguiente falta de liquidez dentro de la empresa, es un fuerte lastre para el crecimiento y armonía al interior del grupo humano que constituye la empresa VPa.

Finalmente, una tercera arista que queda en situación pendiente, corresponde a la generación de una Misión y Visión claras de acuerdo a las cuales poder generar los objetivos estratégicos que la organización y sus miembros pretendan seguir de hoy hacia el futuro, la falta de tales pilares dificultó de hecho y promovió importantes modificaciones en este mismo trabajo, pero es importante que tal falencia no siga existiendo, sin estas definiciones la empresa podría no ser capaz de aprovechar en su total dimensión el resultado del presente trabajo, pues sin una Misión, Visión y Objetivos Estratégicos claros, la empresa no será capaz, o será menos efectiva a la hora de tomar iniciativas que le permitan tomar posiciones más ofensivas y preponderantes en materia de competencia dentro del mercado actual o futuro.

8. Bibliografía

- [1] VPa. *Perfil, Vpa*. <http://www.vpa.cl> (último acceso: 25 de 12 de 2012).
- [2] Cámara Chilena de la Construcción. *Indicadores Sectoriales* . <http://www.cchc.cl> (último acceso: 13 de Diciembre de 2012).
- [3] C., Parodi. *El lenguaje de los proyectos*. 2001.
- [4] CEPAL. *Introduccion a la gestion de proyectos Manual N° 7*. 2000.
- [5] Pinto, Juan Miguel Dyvinetz. *Apuntes Curso Gestion de Proyectos IN5831*. 2011.
- [6] *Apuntes Curso Gestión de Operaciones I Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Chile*. 2010.
- [7] Instituto Nacional de Normalización. *Diseño sísmico de edificio Nch 433.Of1996 Modificada en 2009*. Santiago: Instituto Nacional de Normalización, 2009.
- [8] —. *Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales NCh2369.Of2003*. Santiago: Instituto Nacional de Normalización, 2003.
- [9] U.S. Department of Health and Human Services. *Stress at Work*. 2010.
- [10] Fletcher, Howard. *Entrepreneur to CEO*. Long Beach, 2007.
- [11] Gantt, H. L. *Work, wages, and profits*. 1910.
- [12] P., María Atalaya. *El estrés laboral y su influencia en el trabajo*. Lima, 2001.


ANEXOS

ANEXO A: Hojas de Control y levantamientos de información


A. 1.Ficha Proyecto

	FICHA DE REGISTRO PROYECTOS Vpa CALCULO ESTRUCTURAL
Nº	<input type="text"/>
NOMBRE DEL PROYECTO	<input type="text"/>
ARQUITECTO	<input type="text"/>
FONO ARQUITECTO	<input type="text"/>
FECHA DE INGRESO	<input type="text"/>
FECHA DE CIERRE ESTIMADA	<input type="text"/>
FECHA DE CIERRE	<input type="text"/>
MOTIVO DE CIERRE	<input type="text"/>
INGENIERO A CARGO	<input type="text"/>
DIBUJANTE A CARGO	<input type="text"/>
MONTO	<input type="text"/>
METROS CUADRADOS	<input type="text"/>

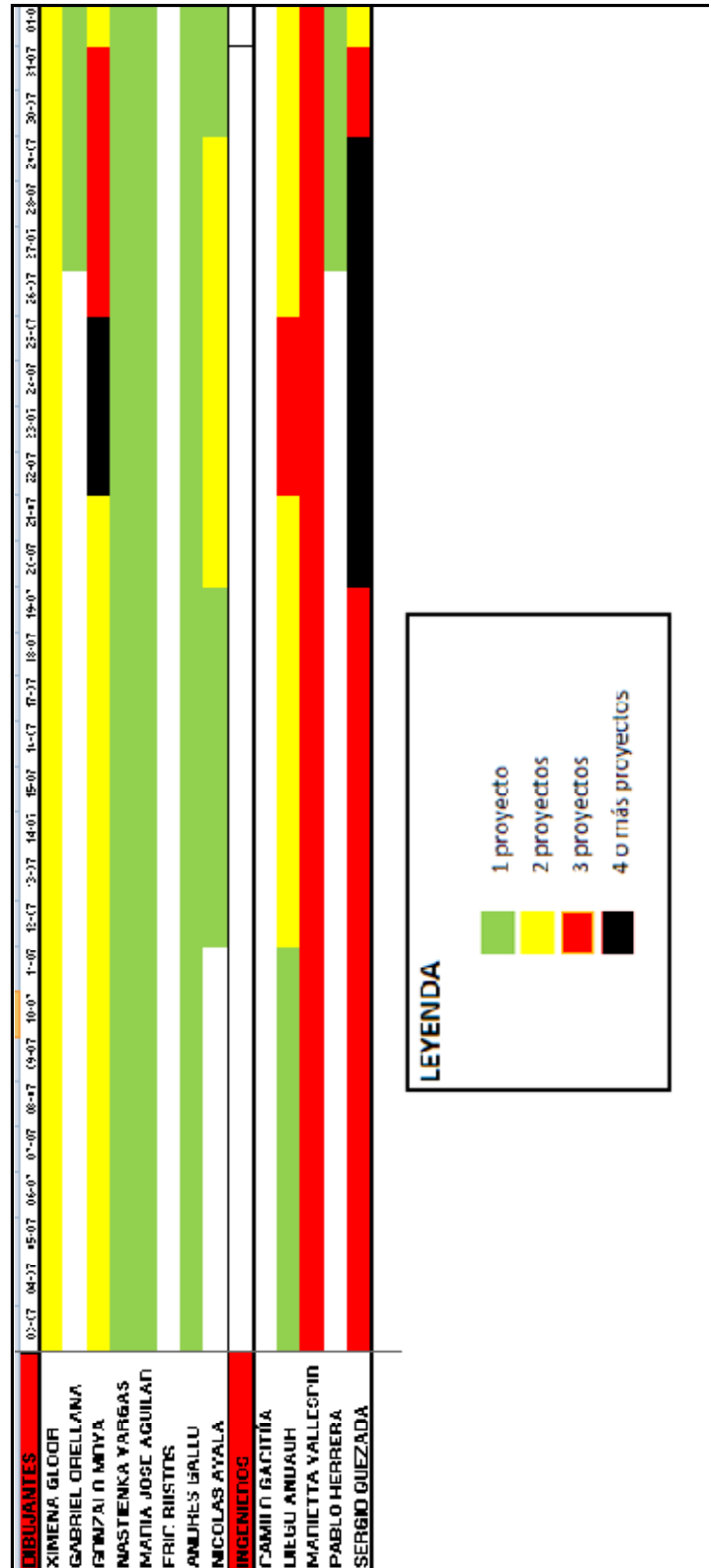
A. 2.Ficha Responsables

		FICHA TAREAS PROYECTO N° <input style="width: 40px; height: 20px;" type="text"/>	
		NOMBRE DEL PROYECTO <input style="width: 200px; height: 25px;" type="text"/>	
MANDANTE		<input style="width: 200px; height: 25px;" type="text"/>	
ARQUITECTO		<input style="width: 200px; height: 25px;" type="text"/>	
DIBUJANTE (S)		<input style="width: 200px; height: 50px;" type="text"/>	
FECHA INGRESO		<input style="width: 100px; height: 25px;" type="text"/>	
FECHA SALIDA (ESTIMADA)		<input style="width: 100px; height: 25px;" type="text"/>	
TAREA		Días Asignado Hecho	
1 Estructuración		<input style="width: 100px; height: 25px;" type="text"/>	<input style="width: 100px; height: 25px;" type="text"/>
2 Inspección Visual		<input style="width: 100px; height: 25px;" type="text"/>	<input style="width: 100px; height: 25px;" type="text"/>
3 Modelamiento		<input style="width: 100px; height: 25px;" type="text"/>	<input style="width: 100px; height: 25px;" type="text"/>
4 Desarrollo de		<input style="width: 100px; height: 25px;" type="text"/>	<input style="width: 100px; height: 25px;" type="text"/>
5 Desarrollo de Plantas		<input style="width: 100px; height: 25px;" type="text"/>	<input style="width: 100px; height: 25px;" type="text"/>
6 Revisión de formas y		<input style="width: 100px; height: 25px;" type="text"/>	<input style="width: 100px; height: 25px;" type="text"/>
7 Análisis Estructural		<input style="width: 100px; height: 25px;" type="text"/>	<input style="width: 100px; height: 25px;" type="text"/>
8 Informe de OE		<input style="width: 100px; height: 25px;" type="text"/>	<input style="width: 100px; height: 25px;" type="text"/>
9 Armado de Losas		<input style="width: 100px; height: 25px;" type="text"/>	<input style="width: 100px; height: 25px;" type="text"/>
10 Enfierramiento de		<input style="width: 100px; height: 25px;" type="text"/>	<input style="width: 100px; height: 25px;" type="text"/>
11 Enfierramiento de		<input style="width: 100px; height: 25px;" type="text"/>	<input style="width: 100px; height: 25px;" type="text"/>
12 Revisión de Losas		<input style="width: 100px; height: 25px;" type="text"/>	<input style="width: 100px; height: 25px;" type="text"/>
13 Revisión de		<input style="width: 100px; height: 25px;" type="text"/>	<input style="width: 100px; height: 25px;" type="text"/>
14 Correcciones de Dibujo		<input style="width: 100px; height: 25px;" type="text"/>	<input style="width: 100px; height: 25px;" type="text"/>
15 Revisión Final Losas y		<input style="width: 100px; height: 25px;" type="text"/>	<input style="width: 100px; height: 25px;" type="text"/>
16 Dibujo Fundaciones		<input style="width: 100px; height: 25px;" type="text"/>	<input style="width: 100px; height: 25px;" type="text"/>

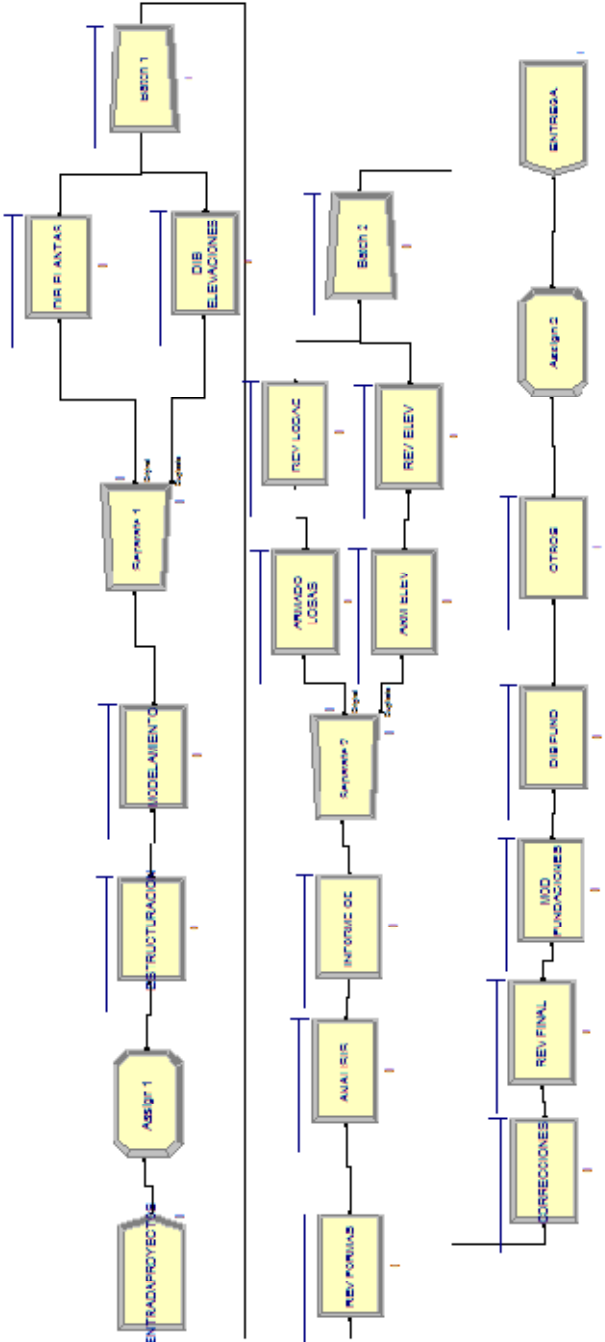
A. 3.Ficha Modificaciones

		FICHA DE REGISTRO MODIFICACIONES VPa CALCULO ESTRUCTURAL	
Nº	<input type="text"/>		
NOMBRE DEL PROYECTO		<input type="text"/>	
MANDANTE		<input type="text"/>	
ARQUITECTO		<input type="text"/>	
FONO ARQUITECTO		<input type="text"/>	
MODIFICACIONES REALIZADAS			
MODIFICACIÓN		DÍAS DE RETRASO	
<input type="text"/>		<input type="text"/>	
<input type="text"/>		<input type="text"/>	
<input type="text"/>		<input type="text"/>	
<input type="text"/>		<input type="text"/>	
	TOTAL RETRASO	<input type="text"/>	DÍAS

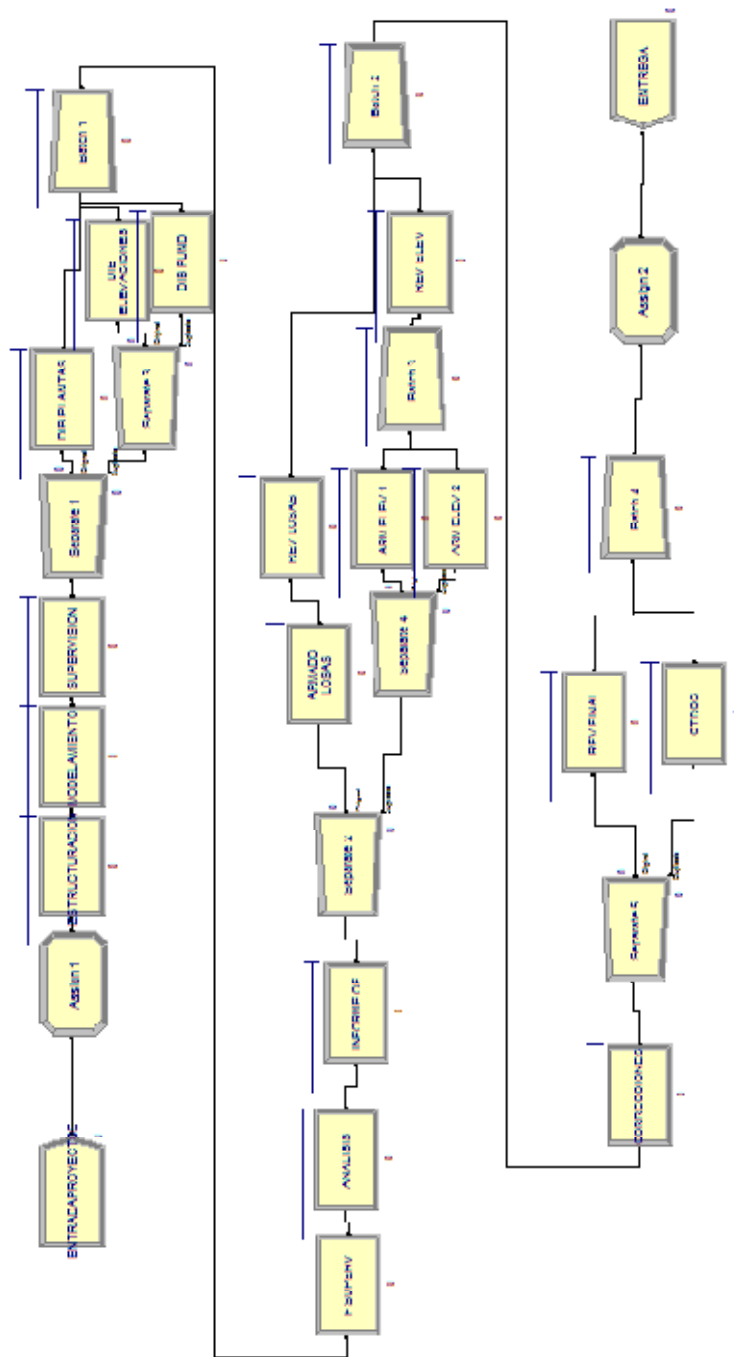
A. 4. Diagrama De Utilización Recursos Humanos



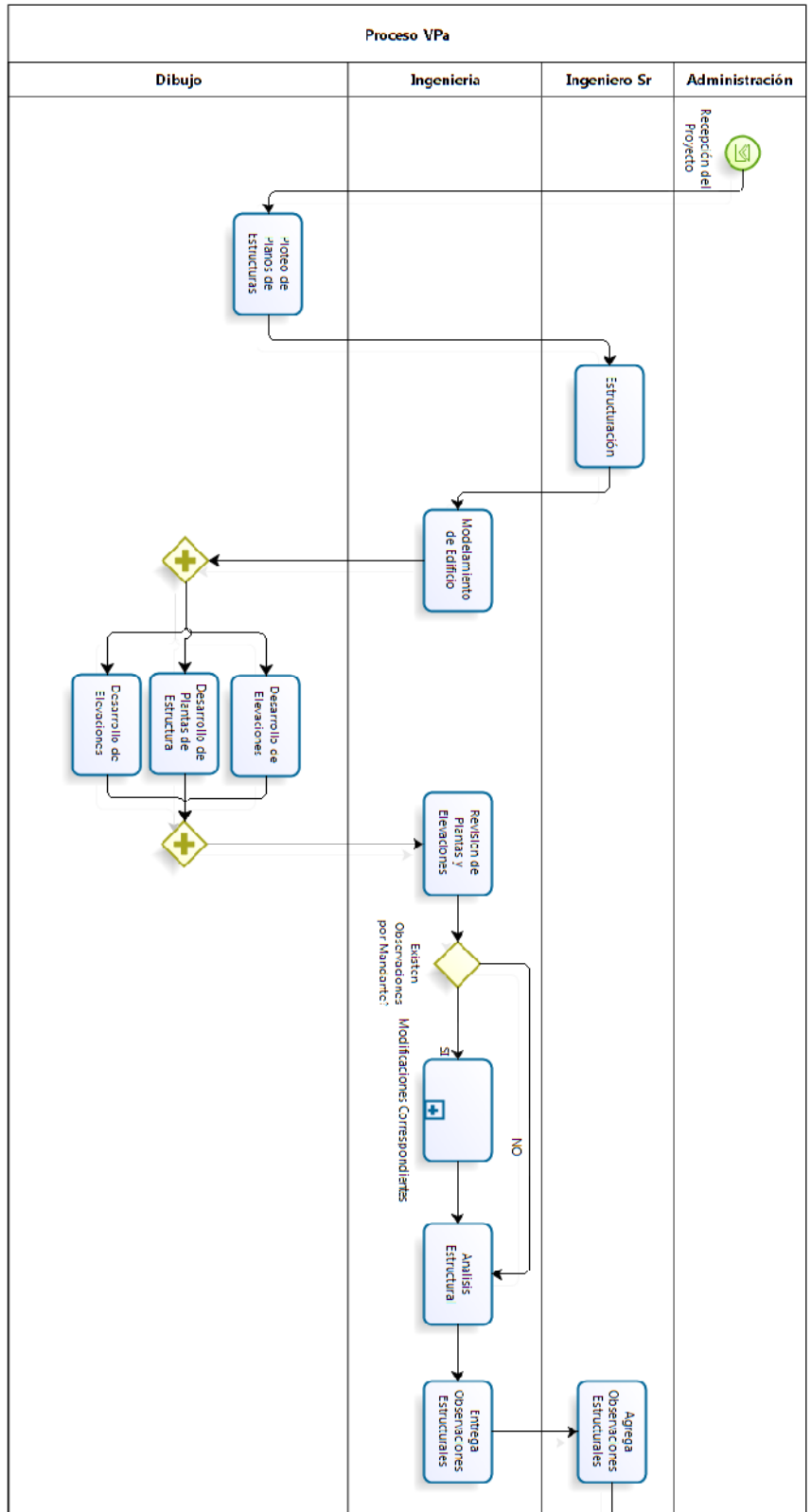
ANEXO B: Modelo de software ARENA, situación original

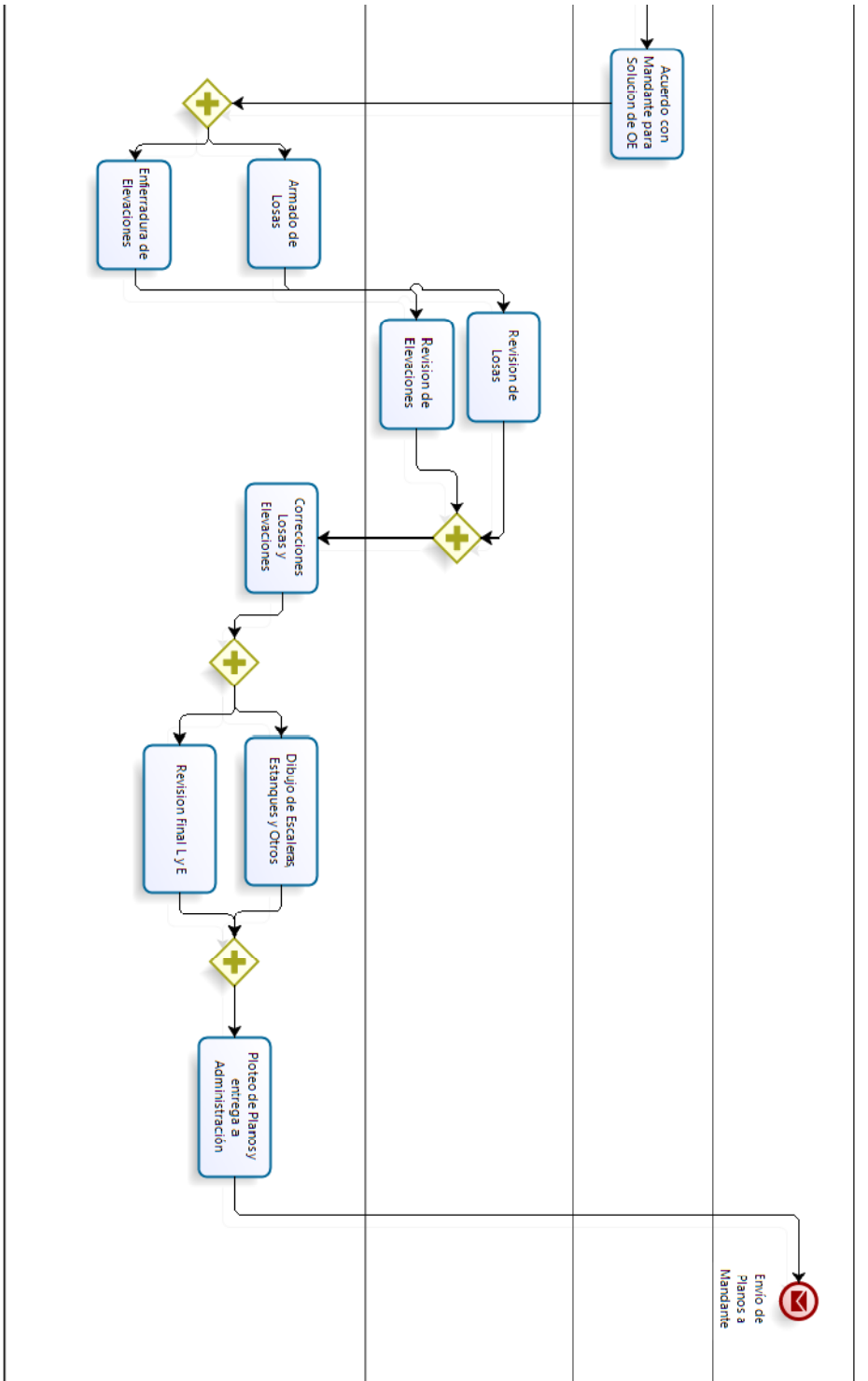


ANEXO C: Modelo de software ARENA, situación rediseñada

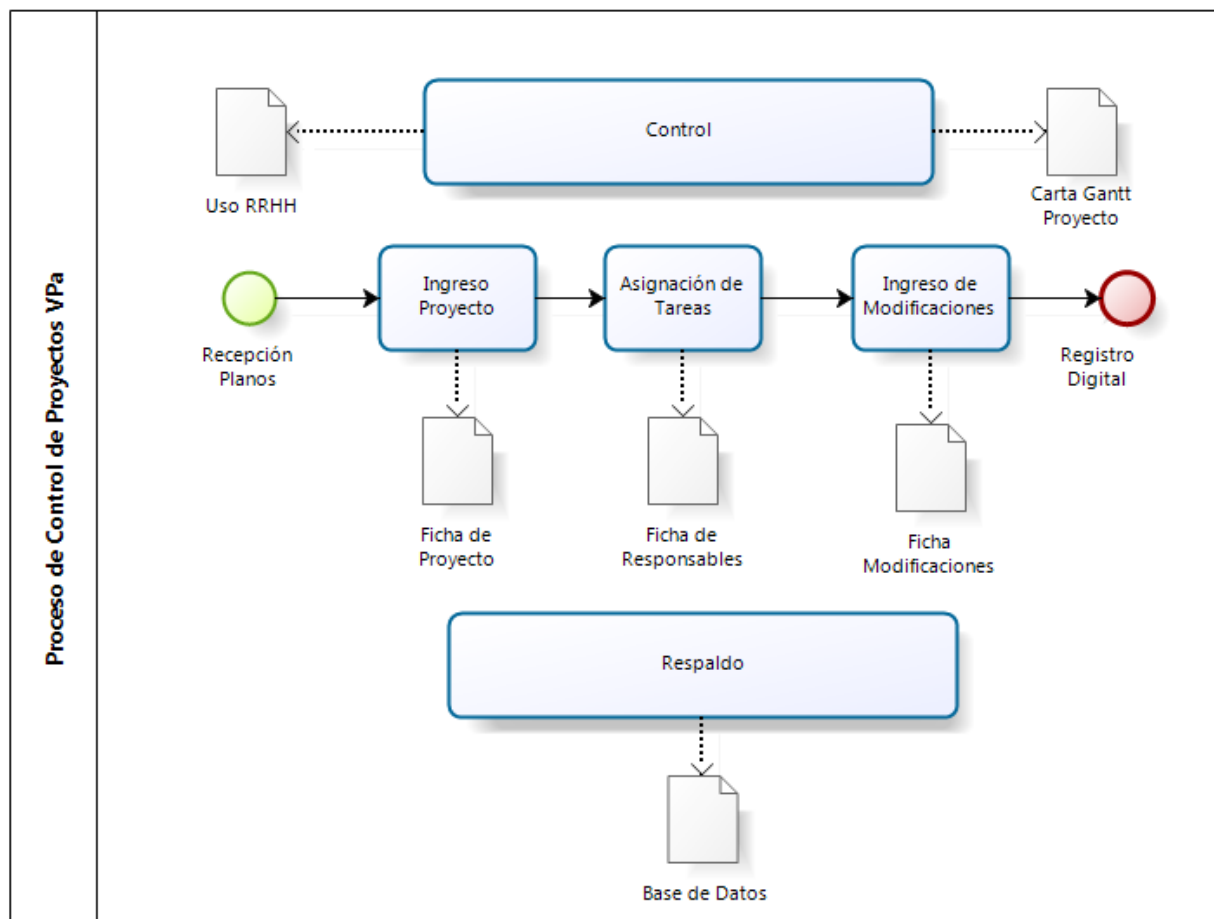


ANEXO D: Modelo de Proceso Productivo, situación rediseñada





ANEXO E: Esquema de Control



ANEXO F. Norma del Proceso Rediseñado

F.1. Etapa: A. Estructuración

Responsable

Ingeniero Senior

Descripción

Consiste en definir el sistema resistente (vigas, muro, etc.), encargado de soportar la geometría diseñada por el arquitecto para determinado proyecto, es importantísima la experiencia previa de quien realiza este proceso, a fin de no generar un sub dimensionamiento de la estructura que comprometiese su resistencia, o un sobre dimensionamiento que aumentase notablemente los costos de construcción del proyecto, dado que en este caso, la definición se hace de acuerdo al juicio experto del Ingeniero Senior, sin ayuda de un software de cálculo.

Duración

2 días

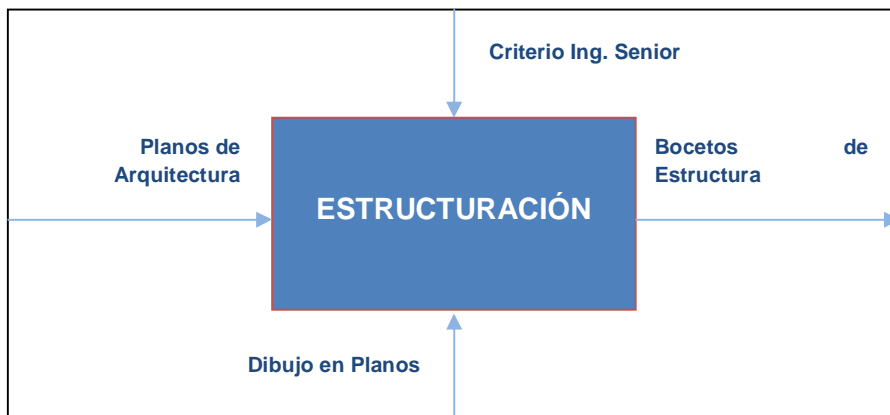
Entradas

Planos de arquitectura

Salidas

Bocetos de estructura

Diagrama IDEF0



F.2. Etapa: B. Inspección Visual

Responsable

Ingeniero Senior

Descripción

Corresponde a la revisión que el Ingeniero Senior debe realizar de la geometría propuesta por el arquitecto en búsqueda de incompatibilidades o características que hagan imposible la construcción del proyecto, como podrían ser diseños que no puedan ser soportados por la estructura admisible sin alterar el diseño creado por el arquitecto, el proceso concluye con la emisión de un reporte de Observaciones Estructurales Visuales (OEV), que deben ser discutidas con el arquitecto responsable del proyecto hasta encontrar una solución.

Duración

1 día

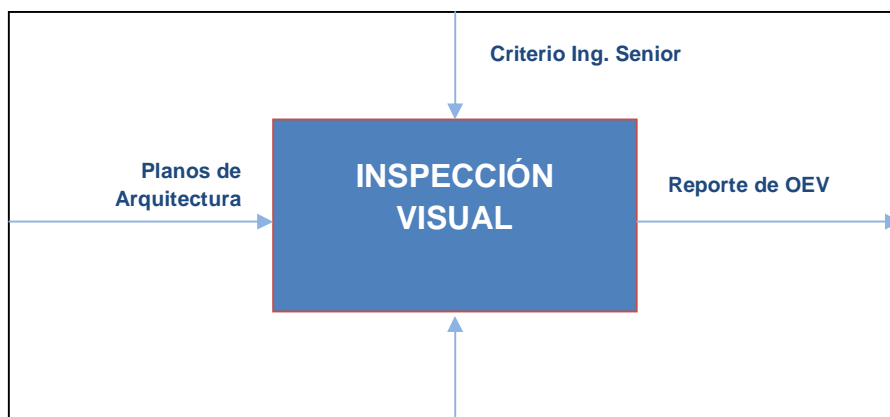
Entradas

Planos de arquitectura

Salidas

Reporte de OEV.

Diagrama IDEF0



F.3. Etapa: C. Modelamiento

Responsable

Ingeniero

Descripción

Corresponde a la modelación que el Ingeniero encargado del proyecto realiza de la geometría diseñada por el arquitecto y luego estructurada por el Ingeniero Senior, esta modelación tiene como objetivo primordial el verificar numéricamente la capacidad del proyecto de sostenerse a sí mismo, tanto en una perspectiva general como en cada una de las partes que lo conforman (cada muro, viga y soporte debe cumplir la normativa chilena de acuerdo a los esfuerzos a los que es sometido) tanto estática como dinámicamente (incluyendo simulación sísmica de la estructura).

Duración

4 días

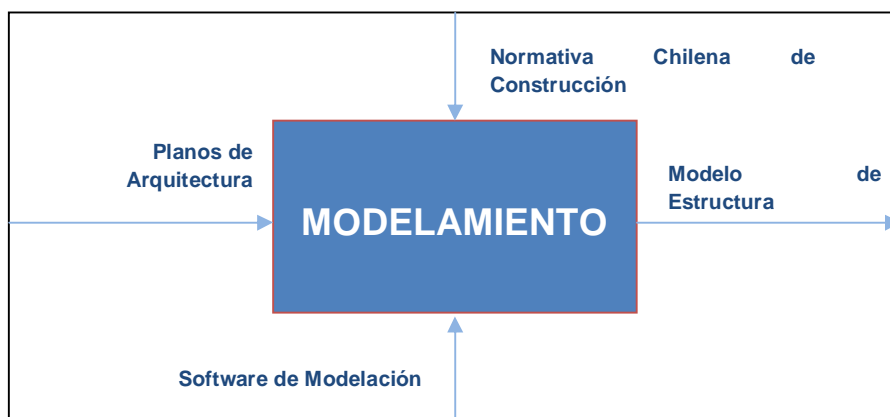
Entradas

Planos de arquitectura y bocetos de estructura

Salidas

Modelo estructural

Diagrama IDEF0



F.4. Etapa: D. Desarrollo de Elevaciones

Responsable

Dibujante

Descripción

Corresponde a la realización de planos de elevaciones (vistas laterales) para la estructura previamente diseñada por el Arquitecto y estructurada por el Ingeniero Senior, su fin consiste en aclarar y sentar las bases sobre la arquitectura (geometría) que tendrá el proyecto previo a su cálculo y busca eliminar cualquier incongruencia entre el proyecto ideado por el Arquitecto y el que finalmente será calculado y testeado por el Ingeniero.

Duración

5 días

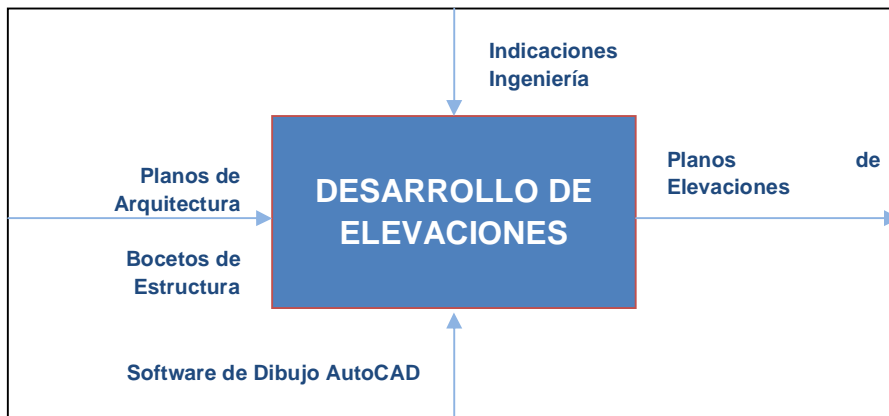
Entradas

Planos de arquitectura y bocetos de estructura

Salidas

Planos de Elevaciones

Diagrama IDEF0



F.5. Etapa: E. Desarrollo de Plantas

Responsable

Dibujante

Descripción

Corresponde a la realización de planos de plantas (vista superior) para la estructura previamente diseñada por el Arquitecto y estructurada por el Ingeniero Senior, su fin consiste en aclarar y sentar las bases sobre la arquitectura (geometría) que tendrá el proyecto previo a su cálculo y busca eliminar cualquier incongruencia entre el proyecto ideado por el Arquitecto y el que finalmente será calculado y testeado por el Ingeniero.

Duración

4 días

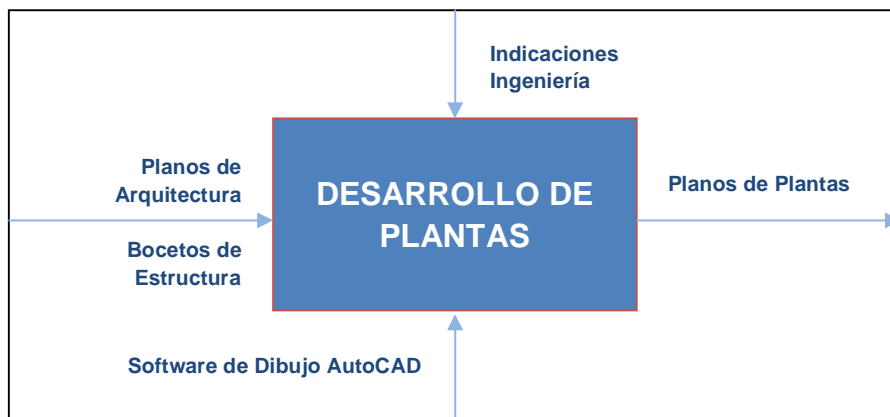
Entradas

Planos de arquitectura y bocetos de estructura

Salidas

Planos de Elevaciones

Diagrama IDEF0



F.6. Etapa: F. Revisión de Formas y Correspondencia

Responsable

Ingeniero

Descripción

Corresponde a la revisión de planos de Plantas y Elevaciones, a los cuales posteriormente se les agregará la estructura de hormigón armado que permitirá sostener el proyecto construido, esta revisión consistirá en chequear la consistencia entre ambos juegos de planos y además en relación al proyecto entregado por el arquitecto de forma que no existan discordancias inesperadas entre ambas concepciones del proyecto que serán muy difíciles y costosas de reparar una vez comiencen las labores de enfierramientos de los planos en cuestión.

Duración

2 días

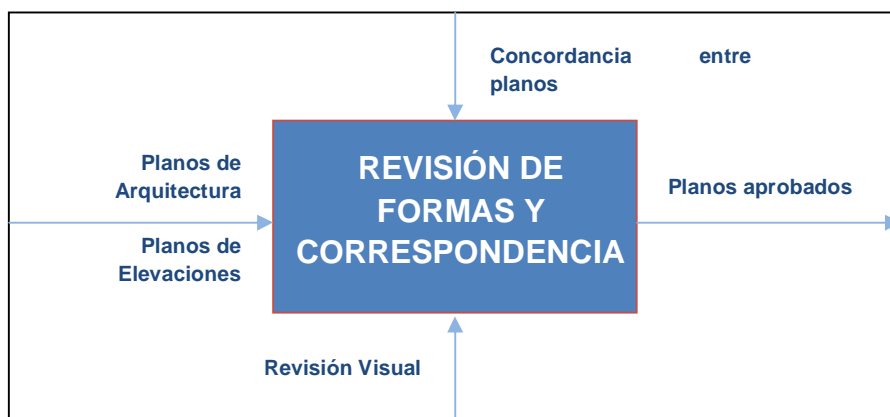
Entradas

Planos de arquitectura, planos de elevaciones y planos de plantas.

Salidas

Planos aprobados

Diagrama IDEF0



F.7. Etapa: G. Análisis Estructural

Responsable

Ingeniero

Descripción

Corresponde a una de las fases críticas del proceso productivo, pues es en este punto donde se revisa cada uno de los elementos que componen el proyecto (muros, vigas, losas, etc.) y que cada uno de ellos (previamente modelado en un software de cálculo estructural) no exceda su capacidad de resistencia de acuerdo a lo que dicta la norma chilena de construcción, manteniendo factores de seguridad acordes a las mencionadas normas y/o indicaciones de la empresa mandante de acuerdo a sus propias necesidades (nunca violando las normas dictadas por la legalidad vigente), finalmente el resultado de este análisis generará un reporte de Observaciones Estructurales Calculadas (OEC), el cual, en conjunto con las Observaciones Estructurales Visuales (OEV) serán discutidas con el arquitecto responsable (y en caso de ser necesario, con el mandante del proyecto) para ser solucionadas de manera que se ajuste tanto a la estética buscada por la geometría del arquitecto como por las necesidades estructurales arrojadas por el análisis del ingeniero.

Duración

5 días

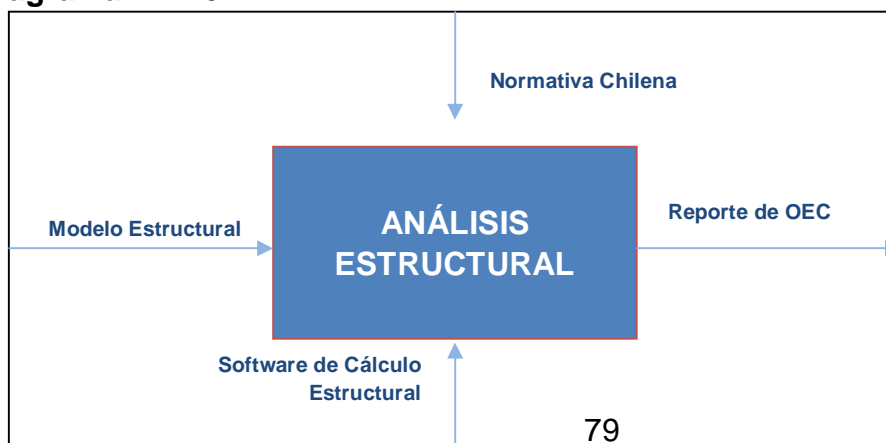
Entradas

Modelo estructural

Salidas

Reporte de OEC.

Diagrama IDEF0



F.8. Etapa: H. Informe de OE

Responsable

Ingeniero Senior

Descripción

Corresponde a la reunión de coordinación entre la empresa y el arquitecto encargado del proyecto para la solución de las Observaciones Estructurales, tanto las detectadas visualmente (OEV) como las arrojadas por el modelo de cálculo estructural (OEC), buscando la generación de alternativas viables tanto para la estabilidad estructural como para la fidelidad a la idea de diseño arquitectónico que generó el proyecto.

Duración

2 días

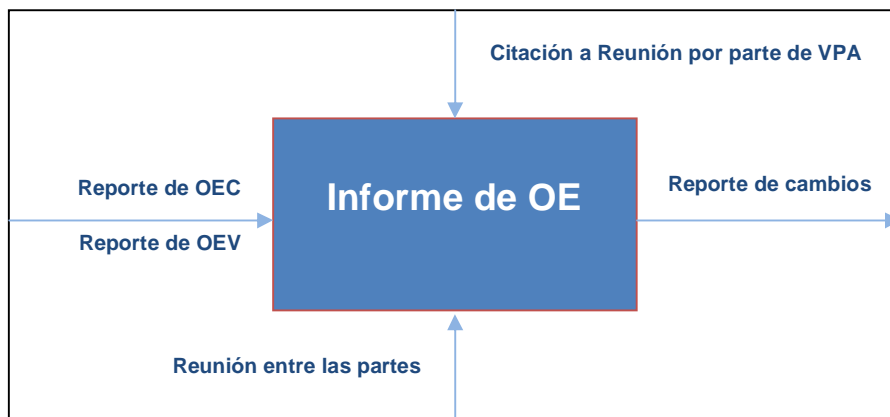
Entradas

Reportes de OEC y OEV

Salidas

Reporte de cambios en planos.

Diagrama IDEF0



F.9. Etapa: I. Armado de Losas

Responsable

Dibujante

Descripción

Corresponde al proceso mediante el cual a los planos de plantas (donde se observan las losas) se les agrega la estructura de hormigón (o acero, madera, etc. Según sea el caso) que permita su auto sustentación y resistencia frente a la dinámica del terreno (sismos, viento, etc.) de acuerdo a la modelación y análisis previamente realizados, incluyendo en este caso las modificaciones provenientes del acuerdo de modificaciones alcanzado entre el ingeniero de la empresa y el arquitecto encargado del proyecto en cuestión.

Duración

6 días

Entradas

Planos de plantas

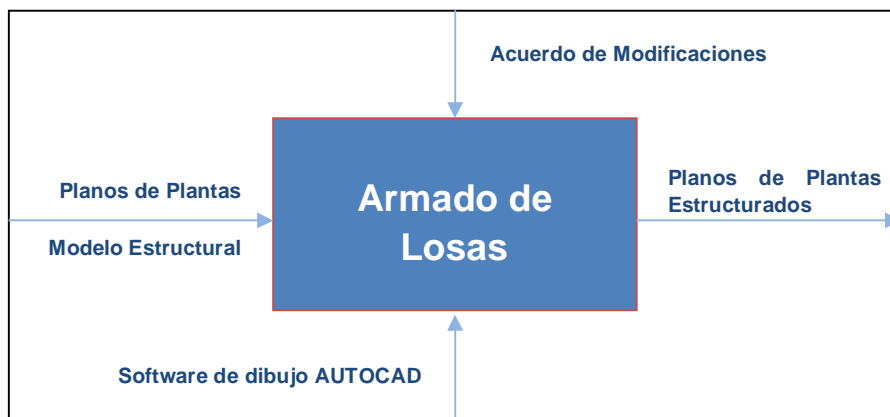
Acuerdo de Modificaciones

Modelo Estructural

Salidas

Planos de Planta estructurados

Diagrama IDEF0



F.10. Etapa: J. Enfierramiento de Elevaciones

Responsable

Dibujante

Descripción

Corresponde al proceso mediante el cual a los planos de elevaciones (vistas laterales) se les agrega la estructura de hormigón (o acero, madera, etc. Según sea el caso) que permita su auto sustentación y resistencia frente a la dinámica del terreno (sismos, viento, etc.) de acuerdo a la modelación y análisis previamente realizados, incluyendo en este caso las modificaciones provenientes del acuerdo de modificaciones alcanzado entre el ingeniero de la empresa y el arquitecto encargado del proyecto en cuestión.

Duración

5 días (son dos etapas paralelas)

Entradas

Planos de elevaciones

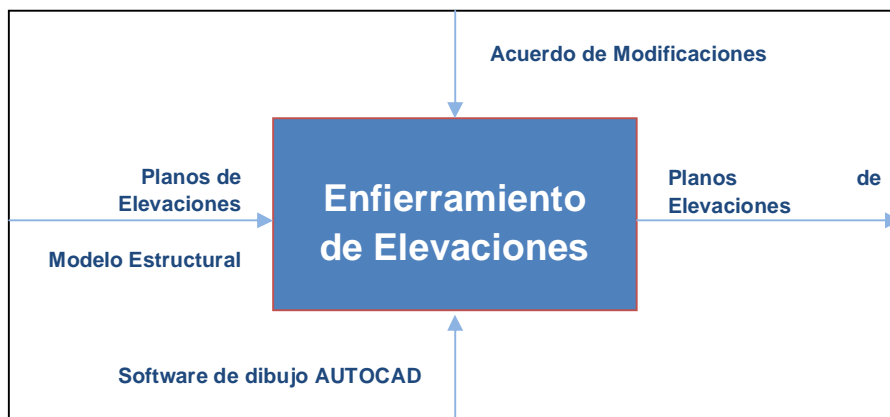
Acuerdo de Modificaciones

Modelo Estructural

Salidas

Planos de Elevaciones estructurados

Diagrama IDEF0



F.11. Etapa: K. Revisión de Losas

Responsable

Ingeniero

Descripción

Corresponde al proceso de revisión que el ingeniero debe realizar sobre la labor del dibujante, en atención a si efectivamente plasmo en los planos de losas correspondientes la estructura soportante de cada sección y si esta a su vez es concordante con los acuerdos previos tomados con el arquitecto, de forma tal que el proyecto cumpla tanto con la norma de construcción vigente como con la visión de diseño generada por el arquitecto que generó el proyecto, tanto desde un punto de vista general como en atención a cada uno de los elementos que la componen.

Duración

3 días

Entradas

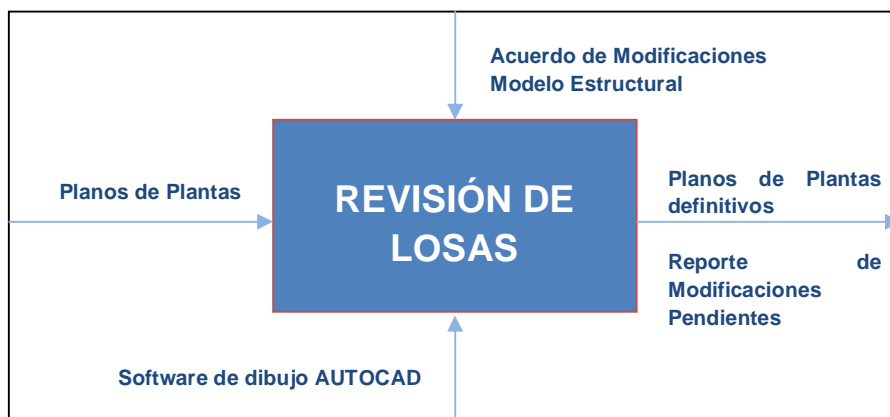
Planos de plantas

Salidas

Planos de plantas definitivos

Reporte de modificaciones pendientes

Diagrama IDEF0



F.12. Etapa: L. Revisión de Elevaciones

Responsable

Ingeniero

Descripción

Corresponde al proceso de revisión que el ingeniero debe realizar sobre la labor del dibujante, en atención a si efectivamente plasmó en los planos de elevaciones correspondientes la estructura correspondientemente acordada con el arquitecto, de forma tal que el proyecto cumpla tanto con la norma de construcción vigente como con la visión de diseño generada por el arquitecto que generó el proyecto, tanto desde un punto de vista general como en atención a cada uno de los elementos que la componen.

Duración

2 días

Entradas

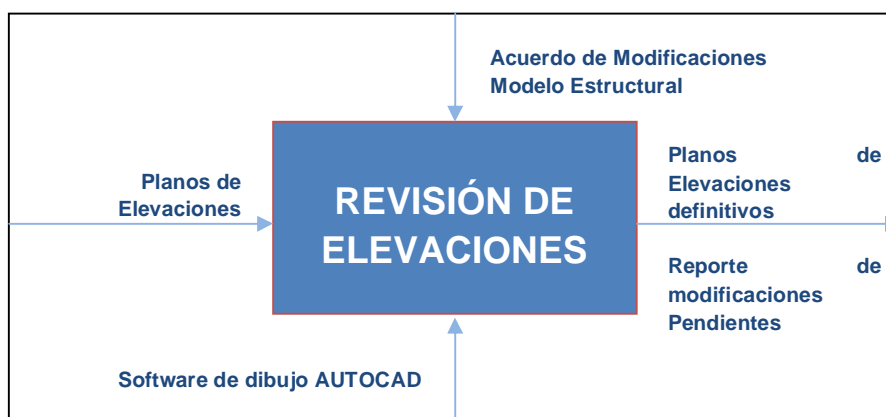
Planos de elevaciones

Salidas

Planos de elevaciones definitivos

Reporte de modificaciones pendientes

Diagrama IDEF0



F.13. Etapa: M. Correcciones de Dibujo (L y E)

Responsable

Dibujante

Descripción

Corresponde al proceso mediante el cual el dibujante encargado del proyecto integra a los planos cualquier modificación que haya quedado pendiente o como resultado de la inspección que el ingeniero haya realizado en los planos mediante los reportes correspondientes.

Duración

4 días

Entradas

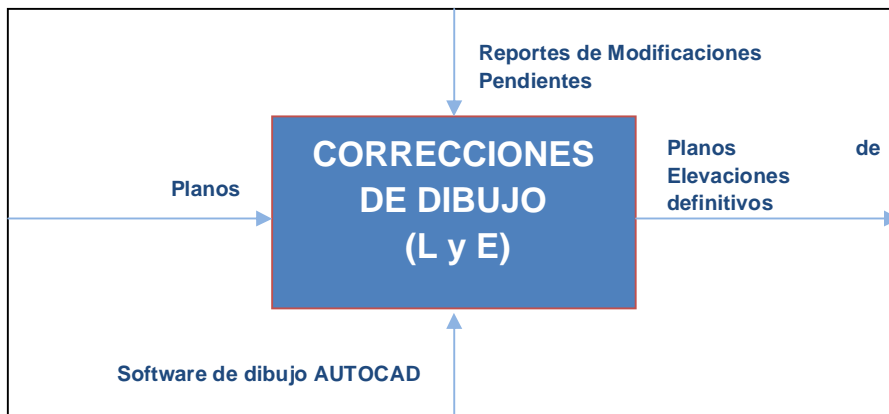
Planos de elevaciones y plantas

Reportes de modificaciones pendientes

Salidas

Planos definitivos

Diagrama IDEF0



F.14. Etapa: N. Revisión Final Losas y Elevaciones

Responsable

Ingeniero

Descripción

Proceso final de revisión de planos de losas y elevaciones orientado a que tales planos no presenten falla alguna al momento de abandonar la empresa rumbo a los clientes, en caso de encontrarse cualquier anomalía no detectada previamente, esta debe ser solucionada directamente con el dibujante correspondiente en un proceso iterativo hasta que, a criterio del ingeniero a cargo el proyecto no presente divergencias ni fallas.

Duración

3 días

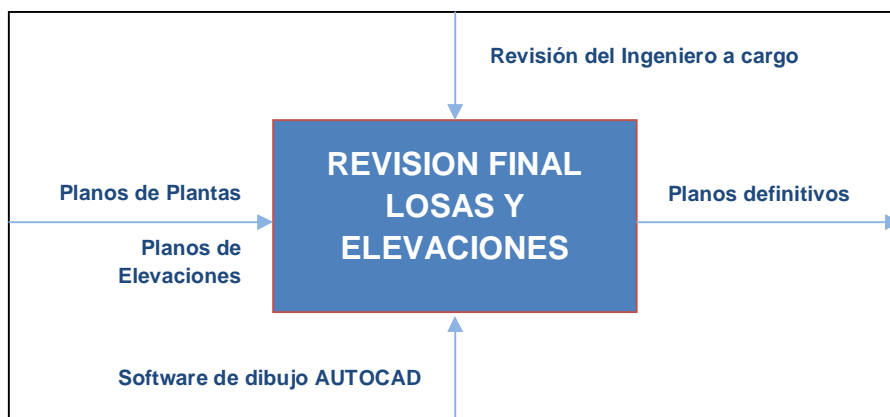
Entradas

Planos de elevaciones y plantas

Salidas

Planos definitivos

Diagrama IDEF0



F.15. Etapa: P. Dibujo de Fundaciones

Responsable

Dibujante

Descripción

Proceso mediante el cual el dibujante a cargo del proyecto, plasma en planos el modelo de fundaciones diseñado previamente por el ingeniero, incluyendo en este caso las revisiones que este último debe realizar a los planos y su visto bueno para impresión y envío a clientes.

Duración

3 días

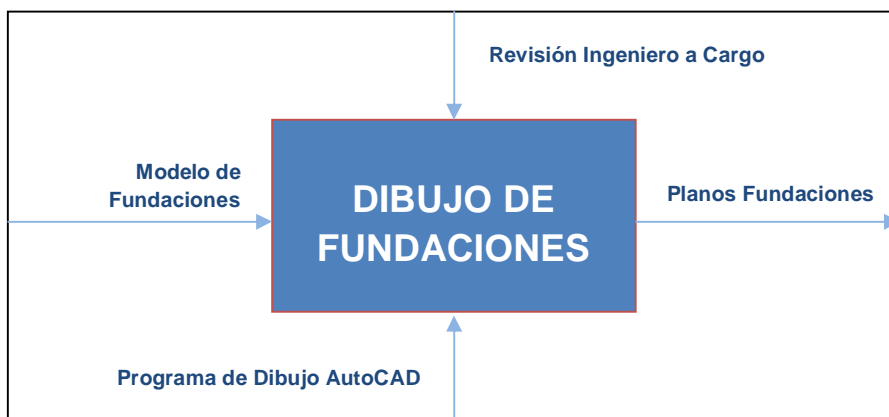
Entradas

Modelo de Fundaciones

Salidas

Planos definitivos Fundaciones

Diagrama IDEF0



F.16. Etapa: Q. Piscinas, Escaleras, Estanques y Otros

Responsable

Dibujante

Descripción

Proceso terminal, en que el dibujante se encarga de finiquitar cualquier detalle pendiente del proyecto previo a su envío, como podrían ser piscinas, escaleras, estanques, modificaciones varias y/o cualquier otro evento que debiese ser agregado a los planos finales de entrega.

Duración

3 días

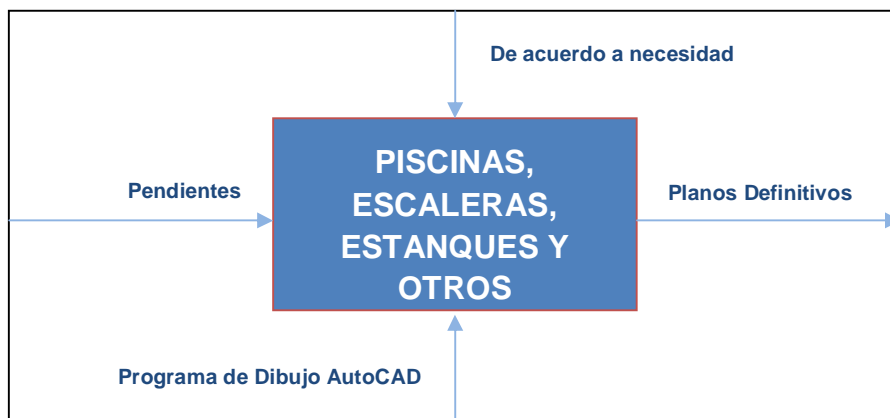
Entradas

Pendientes

Salidas

Planos definitivos

Diagrama IDEF0



Dada la extensión de esta sección de este trabajo, se optó por no realizar un diagrama general de acuerdo a la metodología IDEF0, debido a que su visualización de acuerdo a la gran cantidad de tareas involucradas se hacía impracticable, aun así, se agrega, en el cuerpo Anexo D, un diagrama ilustrativo realizado de manera simplificada que reúne la información más básica necesaria para entender el nuevo funcionamiento y dinámica de los proyectos al interior de la Organización

ANEXO G. Configuraciones de planta mínimas para distintos volúmenes de negocio.

Cantidad de Proyectos Anuales	Ingeniero Sr.	Ingeniero	Dibujante
79 (original)	1	5	8
100	2	6	9
125	2	10	14
150	2	14	17
200	3	20	25