



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA  
INGENIERÍA CIVIL – CONSTRUCCIÓN

MANUAL PARA EL CONTROL DEL SUMINISTRO DE CONCRETO Y ACERO AL CONTRATISTA  
POR PARTE DEL DESARROLLADOR INMOBILIARIO PARA REDUCIR COSTOS

TESIS  
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
**MAESTRO EN INGENIERÍA**

PRESENTA:  
ING. FEDERICO DE JESÚS CORONA GUERRA

TUTOR PRINCIPAL:  
M.I. MARCO TULIO MENDOZA ROSAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA

CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX, DICIEMBRE 2019



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**JURADO ASIGNADO:**

Presidente: Dr. Meza Puesto Jesús Hugo  
Secretario: M. en I. Candelas Ramírez Luis  
Vocal: M. en I. Mendoza Rosas Marco Tulio  
1er Suplente: M. en I. Narcia Morales Carlos  
2do Suplente: M. en A. Roldán Morales Laura Minerva

Lugar o lugares donde se realizó la tesis:

TUTOR DE TESIS: M. en I. Mendoza Rosas Marco Tulio

NOMBRE:

---

FIRMA

(Segunda hoja)

# CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	1
a. Los materiales de construcción en la economía .....	1
b. Impacto de los materiales en el costo .....	2
c. Impacto de los materiales en el proyecto.....	3
d. Fluctuaciones de precios.....	3
i. Acero.....	4
ii. Cemento/Concreto.....	5
e. Justificación .....	6
f. Objetivos .....	7
i. General.....	7
ii. Particulares .....	7
g. Hipótesis.....	7
1. SUMINISTRO DE MATERIALES AL CONSTRUCTOR .....	8
1.1 Ventajas .....	8
1.1.1 Centralización .....	8
1.1.2 Precios negociables.....	9
1.1.3 Control de calidad .....	10
1.1.4 Control de inventarios .....	10
1.2 Desventajas.....	11
1.2.1 Entregas demoradas .....	11
1.2.2 Fluctuaciones de precios .....	11
1.2.3 Almacén y transporte .....	11
1.2.4 Especificaciones de proyecto y cuantificación.....	12

1.2.5	Monitoreo de suministros y uso .....	12
1.2.6	Estímulos fiscales .....	13
1.3	Conclusiones de capítulo .....	13
2	CASO DE ESTUDIO: PROYECTO DE USOS MIXTOS EN CDMX .....	14
2.1	Descripción del proyecto .....	14
2.2	Proyecto ejecutivo e Ingenierías .....	14
2.3	Procuración y Compras .....	17
2.3.1	Adquisición de acero de refuerzo .....	18
2.3.2	Adquisición de Concreto y Mezclas .....	19
2.4	Almacenamiento y Logística .....	20
2.4.1	Inventario .....	22
2.5	Construcción .....	23
2.5.1	Aprovechamiento de Concreto y Mezclas .....	23
2.5.2	Aprovechamiento de Acero de refuerzo .....	25
2.6	Gerencia del proyecto y administración central .....	25
3	MANUAL PROPUESTA PARA CONTROL DE MATERIALES SUMINISTRADOS .....	27
3.1	Análisis previo del proyecto .....	28
3.1.1	Elaboración de contrato .....	29
3.1.2	Cierre de contrato .....	30
3.2	Análisis y control de proyecto ejecutivo .....	31
3.2.1	Tiempos y programa .....	32
3.2.2	Procesos constructivos y definición de materiales .....	32
3.2.3	Control de cambios: tipologías, practicidad, utilidad .....	33
3.2.4	Cuantificación .....	33

3.3	Procuración y Costos.....	34
3.3.1	Análisis de Costos.....	34
3.3.2	Control de Calidad.....	36
3.3.2.1	Calidad del Acero de refuerzo .....	37
3.3.2.2	Calidad del Concreto y Mezclas .....	39
3.4	Almacenamiento y logística .....	41
3.4.1	Almacenamiento.....	41
3.4.2	Logística.....	44
3.4.2.1	Logística del Concreto y Mezclas .....	44
3.4.2.2	Logística de Acero de Refuerzo .....	45
3.4.3	Inventario .....	45
3.5	Aprovechamiento de material y control de obra .....	46
3.5.1	Aprovechamiento: responsabilidades y conciliaciones.....	47
3.5.1.1	Aprovechamiento del Acero de Refuerzo.....	47
3.5.1.2	Aprovechamiento de Concreto y Mezclas .....	48
3.5.2	Administración de obra .....	49
3.5.3	Desperdicios y Residuos .....	50
3.5.3.1	Residuos Metálicos.....	51
3.5.3.1	Escombros.....	51
3.6	Mejora Continua.....	51
3.6.1	Uso de Herramientas Informáticas .....	52
3.6.2.1	ERP (Enterprise Resource Planning).....	52
3.6.2.2	BIM (Building Information Modeling) .....	54
3.6.2	Capital Humano .....	55

3.5.1.1	Departamento de Procuración y Compras .....	55
3.5.1.2	Gerente de Proyecto .....	57
3.5.1.3	Direcciones.....	58
3.5.1.4	Residencia y supervisión.....	58
3.5.1.5	Administración de obra .....	59
4	GUÍA PRÁCTICA .....	60
5	CONCLUSIONES .....	63
5.1	Recomendaciones y Posibles Líneas de Trabajo.....	66
6	ANEXOS .....	68
	BIBLIOGRAFÍA .....	70

## INTRODUCCIÓN

Existen diferentes tipos de desarrolladoras, en un extremo están las que realizan todas las actividades desde el desarrollo de diseño y proyecto ejecutivo hasta la construcción, habilitación y operación del inmueble, en el otro extremo se encuentran las que subcontratan todos los servicios y productos para realizar el proyecto. Cada una maneja diferentes niveles de riesgo, para el caso del primer tipo de empresa el riesgo es mayor, ya que todas las decisiones y condiciones recaen sobre la misma desarrolladora, incluyendo contingencias e imprevistos, sin embargo, el margen de utilidad es mayor al reducir el pago de servicios a terceros y al tener una buena administración. Por otro lado, la empresa que subcontrata reduce los riesgos al poder delegarlos a un tercero, con lo cual tiene la capacidad de exigir las condiciones contratadas y en caso de incumplimiento existe la posibilidad de solicitar una indemnización, sin embargo, la contratación resulta más costosa.

En este estudio se buscó un punto intermedio, considerando que la desarrolladora inmobiliaria no realiza construcción, se invita a absorber el suministro de los materiales básicos para la construcción (concreto y acero) a los contratistas con la finalidad de obtener un ahorro significativo en el proyecto. Realizar compras corporativas permite al desarrollador reducir costos mientras mantiene la regulación de los productos para la calidad que requiere para el proyecto, siempre y cuando se tenga un estricto control de la cadena de suministros que garantice el eficiente uso de los materiales.

La manera propuesta para lograr esa reducción en el costo total del proyecto parte de la administración de los recursos en todos los niveles y áreas involucradas de la desarrolladora.

### **a. Los materiales de construcción en la economía**

En la cadena de procesos que definen la productividad de una economía, el costo de un concreto, por ejemplo, lo constituyen los costos de los agregados pétreos, el aglutinante, el agua para su hidratación, el equipo para su mezclado, etc. Este agregado a su vez se



integra de costos de extracción, costos de explosivos, costos de equipo, costos de transporte, entre otros. Al final, el costo de este concreto es a su vez parte del costo de una estructura, y esta de un conjunto de edificios y este de un plan de desarrollo.

Es por eso que el interés de los desarrolladores inmobiliarios, al igual que el de los constructores que les trabajan, es buscar el equilibrio costo-calidad del proyecto a desarrollar, sin dejar de lado un precio razonable que permita obtener margen de utilidad deseado.

### **b. Impacto de los materiales en el costo**

El constructor, al ser contratado por el desarrollador, le presenta su presupuesto, el cual está integrado por los *Costos Directos* (CD), que son los derivados meramente de la ejecución de los trabajos y lo necesario para realizarlos, que a su vez está afectado por su factor de sobre costo, el cual incluye los costos indirectos por operación, fondo de imprevistos, porcentaje de financiamiento, fianzas, impuestos y la utilidad. Este factor de sobre costo ronda en promedio entre el 27% y el 32%. En las siguientes fórmulas se desglosan los componentes del costo directo, así como del precio total del trabajo a realizar:

$$C_D = M_O + MAT + E_H$$

$$P_T = C_D \times F_{SC} = (M_O + MAT + E_H) \times F_{SC}$$

Donde:

- $C_D$  = Costo Directo
- $P_T$  = Precio del trabajo a realizar
- $M_O$  = Costo de mano de obra
- $MAT$  = Costo de materiales
- $E_H$  = Costo de equipos y herramientas
- $F_{SC}$  = Factor de sobre costo

Debido a que los materiales se encuentran dentro de los *CD*, estos son afectados por el mencionado factor de sobre costo, lo que da una buena razón para desintegrarlos del presupuesto. Al suministrar al contratista los materiales, se está ahorrando, en parte, ese

factor de sobre costo, además de que se tiene la flexibilidad de otras ventajas que se mencionarán más adelante.

Así, a *grosso modo*, en el precio de los trabajos que se requieren realizar ya no se aplicaría ese factor a los materiales, pero sí a la mano de obra y equipo. Por lo tanto, para el desarrollador, el precio se constituiría de esta manera:

$$P_T = [(M_O + E_H) \times F_{SC}] + MAT$$

Donde los materiales quedan exentos de ese sobre costo de aproximadamente 30%, además de otros conceptos que se pueden sumar como el costo por manejo de material e incluso fletes, dependiendo de las características del proyecto.<sup>1</sup>

### **c. Impacto de los materiales en el proyecto**

Dependiendo del tipo de proyecto que se esté desarrollando, la suma del costo de concreto y acero puede ser de hasta el 50% del costo total del proyecto, por lo que cualquier pequeño ahorro puede impactar en el monto final del presupuesto.

Estos insumos son los más importantes, no importa el tipo de estructura que se haya elegido -estructura de concreto, estructura de acero, estructura híbrida, estructura prefabricada- aunque se requieran en diferentes proporciones, el impacto es muy grande en el presupuesto, por lo que hay que cuidar tanto el precio como la calidad, ya que de esos materiales dependerá la vida útil del desarrollo.

### **d. Fluctuaciones de precios**

La construcción es una actividad económica secundaria muy importante para cualquier país. Al utilizar insumos provenientes de industrias como el acero, hierro, cemento, arena, cal, madera o aluminio, la construcción es uno de los principales motores de la economía del mundo (INEGI, s.f.).

Por lo tanto, los precios de los materiales de construcción se manejan de manera global y pueden ser afectados por diversos factores como la volatilidad en los tipos de cambio,

---

<sup>1</sup> Para conocer sobre *integración de precios*, consultar "Costo y Tiempo en Edificación" de Carlos Suárez Salazar.

costos de transporte, aranceles, inflación y, sobre todo, los precios de los hidrocarburos (combustibles y lubricantes).

#### i. Acero

El acero, así como el petróleo, es casi tan estratégico para las economías del mundo. Es muy intensivo en inversión de capital, genera miles de empleos y produce un material que puede calificarse como la materia prima de la civilización.

El precio del acero es más complicado de lo que se puede asumir. Es un producto usado en muchas actividades, no sólo en la construcción, y su precio varía diariamente. Su valor puede ser influenciado por diversos factores, incluyendo desastres naturales, los tipos de cambio y la condición general de la economía mundial (Ojeda, 2015), además de la oferta-demanda que cada país tiene (Figura 1):

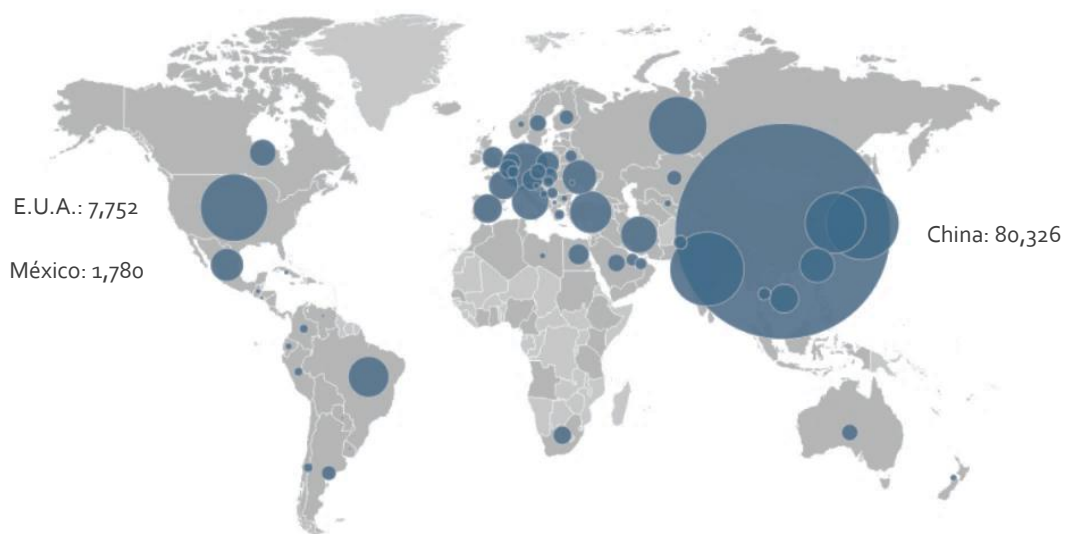


Figura 1: Producción de acero en marzo 2019, proporción en miles de toneladas (World Steel Association, s.f.)

Como se puede ver en la Figura 2, el precio fluctúa y puede tener variaciones incluso mayores al 100% en un periodo de tiempo, por lo que obtener un buen precio en una negociación es crucial.

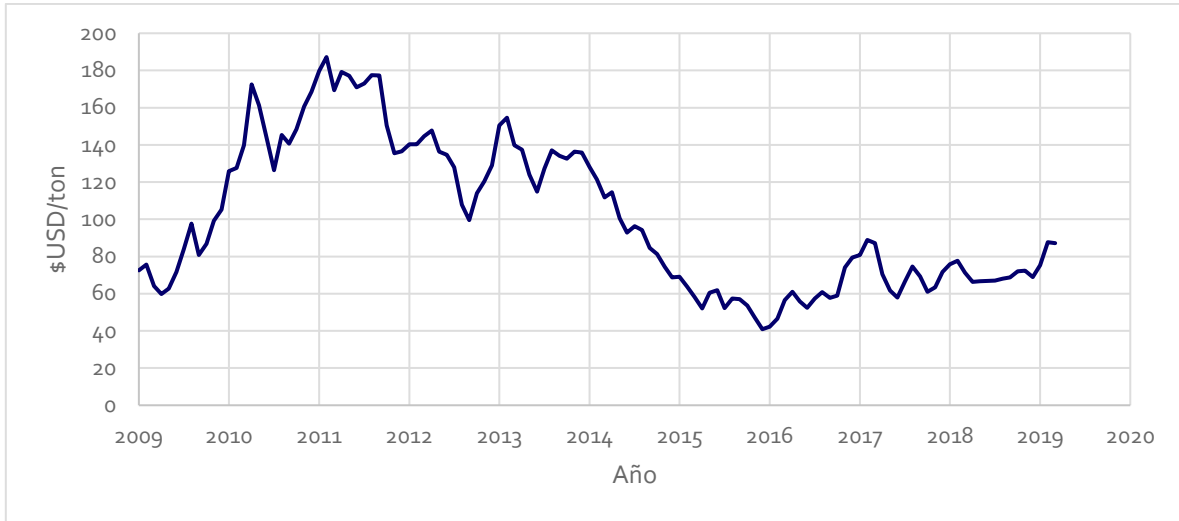


Figura 2: Fluctuación de precio de mineral de hierro en los últimos 10 años (FMI, s.f.)

## ii. Cemento/Concreto

El caso del cemento es distinto, aunque también sufre fluctuaciones por las condiciones de la economía mundial, su precio se mantiene más estable. El aumento importante de su precio se aplica generalmente de manera anual y a veces semestral, según las condiciones. La tasa de incremento se encuentra entre 4% y 10% respecto al periodo anterior como se puede ver en la Figura 3. Sin embargo, esto sólo es el precio del cemento. Para constituir el precio de alguna mezcla constructiva -concretos, morteros, rellenos fluidos- se necesitan también los agregados pétreos, cuyos precios pueden variar dependiendo su origen y calidad, ya que se obtienen mediante la compra a algún tercero o a veces se puede disponer de alguna cantera para su extracción.



Figura 3: Fluctuación del precio del cemento en los últimos 10 años (United States Department of Labor, s.f.)

### e. Justificación

El desarrollo inmobiliario puede ser caracterizado al agrupar un gran rango de funciones como: comprar la tierra, obtener el permiso para construir y/o mejorar la construcción de algún edificio, incluyendo el reacondicionamiento de edificaciones existentes para obtener una ganancia. Así, el objetivo del desarrollo inmobiliario es la maximización del valor para el accionista.

El proceso del desarrollo engloba análisis, diseño y toma de decisiones. Hay muchas disciplinas relevantes que participan, como economía urbana, arquitectura, diseño, ingeniería, topografía, derecho y finanzas. El desarrollador exitoso es aquel que puede integrar los roles de numerosos profesionales para entregar un proyecto en tiempo, en presupuesto y dentro de los parámetros establecidos.

Entre la toma de decisiones para maximizar los recursos existe la posibilidad de suministrar los materiales más importantes al constructor para que sólo habilite y ejecute, como lo pueden ser los concretos y el acero de refuerzo y/o estructural. De esta manera los costos indirectos del contratista no se aplican en dichos materiales, cuyos precios podemos igualar o reducir al realizar compras corporativas o convenios por volumen, con la garantía de calidad que el desarrollador busca al tener conocimiento de su procedencia, calidad y estado.

El hecho de que el desarrollador compre los materiales que necesita para sus proyectos y los proporcione a los contratistas puede ser una decisión estratégica, es un modelo que, si bien requiere un estricto y exhaustivo control y supervisión, puede ahorrar varios miles de pesos en costos: el objetivo del desarrollo inmobiliario.

**f. Objetivos**

i. General

Elaborar un manual para el control y manejo del suministro de concreto y acero al contratista a partir de la evaluación del beneficio económico que se genera para la desarrolladora inmobiliaria.

ii. Particulares

- Determinar las ventajas y desventajas que implican la compra y suministro de concreto y acero al contratista por parte del desarrollador.
- Ejemplificar con un caso de estudio la problemática que conlleva el control de concreto y acero suministrados al contratista.

**g. Hipótesis**

Si el desarrollador inmobiliario suministra el concreto y el acero al contratista genera una reducción de costos y mejora de calidad para el proyecto si se tiene un adecuado control y manejo de dicho suministro.

# 1. SUMINISTRO DE MATERIALES AL CONSTRUCTOR

## 1.1 Ventajas

La posibilidad de que el desarrollador pueda concursar y elegir el material que mejor se adapte a su proyecto es un punto muy valioso, ya que tiene la libertad de comparar precios, calidad y especificaciones de cada material.

### 1.1.1 Centralización

La primer ventaja -y a su vez obligación- es la centralización de todas las compras. Al concentrar las adquisiciones a un área especializada, como lo es procuración, se optimiza el proceso desde la requisición hasta el pago y la entrega.

La centralización no deja de lado al *Gerente de Proyecto*, al contrario, este debe estar involucrado en cada momento para dar seguimiento a los bienes y servicios que necesita para el proyecto, sin embargo, con la ayuda del área especializada, los procesos serán más eficientes a diferencia que si el *Gerente de Proyecto* realiza todas las tareas desde cero cada vez que necesite adquirir material.

Entre los beneficios de una centralización bien establecida se pueden encontrar:

- Área dedicada para requisiciones y compras: una sola área controlando todas las requisiciones y compras facilita el proceso administrativo, ya que se asigna personal específico para cada uno de los trámites que se necesita realizar.
- Procesos estandarizados: se definen todos los procedimientos y se estandarizan, los cuales facilitan la tarea al *Gerente de Proyecto*.
- Amplia cartera de proveedores: la búsqueda día con día de potenciales distribuidores, aporta un mayor número de opciones, dentro y fuera de la ciudad, en caso de tener proyectos en otras ubicaciones.
- Mayor abanico de productos: el historial de búsqueda y adquisición de bienes y servicios alimenta un catálogo de lo disponible en el mercado, así se tiene información para futuras referencias. Asimismo, los proveedores suelen enviar actualizaciones de sus productos y con especificaciones más claras.

- Mejor capacidad de negociación: es un área que debe ser experta en esta tarea. Debe conocer las condiciones de cada proveedor para negociar mejores precios o facilidades como créditos, flete sin costo, manejo de material, entregas diferidas, etc.
- Búsqueda de precios para todos los proyectos: Si se tienen proyectos que paralelamente necesitarán productos similares, se puede llegar a mejores precios unificando pedidos.
- Concursos: dependiendo de lo que se requiera, el área tiene la capacidad y el criterio para concursar los bienes o servicios que se necesiten para un mejor control y comparación.
- Mayor transparencia en transacciones: al concentrar todo el proceso de adquisición de bienes y servicios se mantiene un registro claro con la investigación pertinente de cada proveedor, cotizaciones y las respectivas autorizaciones, lo cual facilita procesos de auditoría.

#### 1.1.2 Precios negociables

La negociación es un acuerdo donde ambas partes ganan. El objeto por negociar puede necesitarse para uno o más proyectos, lo que facilita la obtención de beneficios, ya que, a mayor volumen, menor precio.

En el caso del suministro de concreto se pueden realizar contratos con un estimado de los concretos y mezclas cementicias, por lo menos por cada etapa del proyecto si aún no se tiene un proyecto ejecutivo completo. De esta manera se asegura el precio estable durante esa etapa, evitando alzas repentinas. Dependiendo del tiempo de construcción de la fase, la concretera puede incluir una o varias escalatorias de precios en el contrato, pero siempre acordadas. Dependiendo del tamaño del proyecto, y si se cuenta con el espacio suficiente, se puede pedir la implementación de una planta de concreto para las mezclas más comunes, lo que implica un inherente control de cemento y agregados pétreos que ya están incluidos en el precio, además de contar con un concreto con el mínimo tiempo de espera desde su elaboración hasta su colado.



La compra del acero no se puede acordar a largo plazo. Su fluctuación de precios provoca la dificultad de asegurar un precio por largos periodos de tiempo, sin embargo, tener un buen equipo en el área de procuración -y un proyecto ejecutivo avanzado- posibilita la negociación con las acereras para la compra de grandes volúmenes cuando se diagnostica que el precio actual en el mercado está dentro del presupuesto. Actualmente existen algunos sitios donde se puede tener un pronóstico de los precios futuros, una ayuda extra para tomar las decisiones de compra.

Por otro lado, si se tienen buenas relaciones con los proveedores de acero, ellos mismos notifican la baja de precios, así se puede provisionar el material durante algún tiempo y balancear el promedio de precios históricos del proyecto.

#### 1.1.3 Control de calidad

El desarrollador, desde su investigación de mercado, puede elegir las marcas que se apeguen más a las normas internacionales de fabricación y desempeño que satisfagan su proyecto. Puede someter los materiales a pruebas de laboratorio para verificar las especificaciones que marcan. Incluso se pueden realizar visitas a las plantas y/o almacenes de cada proveedor que le interese para asegurarse de la calidad y estado de los materiales que le están ofreciendo. En estas visitas se verifica si el almacenaje se realiza de manera adecuada, si está lo suficientemente aislado de la intemperie, la manipulación y los procesos que se llevan dentro como el pesaje.

#### 1.1.4 Control de inventarios

Desde el momento en que el proveedor está por entregar el acero existe la posibilidad de controlar lo que ingresa. Cuando el transportista se encuentra camino al almacén, el desarrollador tiene la libertad de pesar el pedido para asegurarse de que se le está entregando el material facturado, aceptando una tolerancia máxima del 1% por variaciones del transporte, en caso de que se rebase, el desarrollador puede solicitar una aclaración para compensar lo faltante.

Una vez aprobado el ingreso del material, y a partir de su correcto registro, hay un control muy delicado que se lleva al ingresar requerimientos de material. Se debe registrar toda

salida del almacén para compararla con lo realmente ejecutado. De esta manera se lleva una dosificación del material al contratista y en caso de que en los balances se presente una discrepancia, es fácil encontrar ese faltante.

## **1.2 Desventajas**

### **1.2.1 Entregas demoradas**

Una desarrolladora, como cualquier empresa, tiene sus procedimientos para compras, los cuales pueden ser muy tardados, necesitando incluso meses para el proceso desde el requerimiento del material, hasta su pago y entrega. Si el desarrollador se queda sin inventario y no considera los tiempos necesarios para resurtirse, puede generar demoras en la obra e incluso, en casos extremos, el contratista puede presentar reclamos por falta de material y tiempos muertos del personal y maquinaria.

### **1.2.2 Fluctuaciones de precios**

Los precios pueden llegar a ser una desventaja en el caso de una mala planificación de las compras corporativas, en el momento en el que se requiere más material puede ocurrir un alza de precios, sin tener la posibilidad de esperar a que se vuelvan a estabilizar.

### **1.2.3 Almacén y transporte**

Como el desarrollador tiene que realizar compras masivas, sino para el proyecto completo, por lo menos para fases completas, necesita espacio para almacenar este material. Dependiendo de la naturaleza y ubicación de los proyectos, no siempre se cuenta con espacios de almacenamiento, requiriendo habilitar un espacio independiente que puede llegar a elevar costos si no se tiene uno designado.

Así mismo, un almacén independiente requiere logísticas de entrega y sistemas de transporte que haga llegar el material a la obra. En el caso del acero, se necesitan plataformas para su traslado, no siempre se cuenta con ellas y se tienen que contemplar.

#### 1.2.4 Especificaciones de proyecto y cuantificación

Prácticamente ningún proyecto ejecutivo está al 100% al comienzo de la obra, pero esto no impide que al momento de requerir -o contratar- los materiales pesados de construcción no se tenga por lo menos el avance de la primera etapa constructiva.

El proyecto ejecutivo se vuelve una desventaja cuando la construcción avanza y se siguen aplicando cambios importantes al proyecto. Los cambios en especificaciones y/o modulaciones se vuelven un problema en la definición del proyecto final. Si, por ejemplo, en el momento de la construcción de la cimentación se siguen haciendo cambios de dimensiones o estructuración, no se puede tener una cuantificación real de lo que se va a necesitar, tanto para la misma cimentación como para las etapas posteriores.

Es de suma importancia contar con un proyecto ejecutivo congelado, aunque sea por etapas, para poder cuantificar y requisitar material, de otra manera se va comprando lo requerido al momento, lo que puede ocasionar sobrecostos.

#### 1.2.5 Monitoreo de suministros y uso

En el proceso de construcción, como la desarrolladora no debe entregar todo el material al contratista, éste debe preparar las requisiciones basándose en la programación de obra, por lo que se debe tener un control muy estricto y verificar que se esté solicitando el material adecuado y en las cantidades necesarias.

Relacionado al punto anterior, el registro del uso del material debe estar perfectamente identificado y documentado para evitar pérdidas por desperdicio u otras malas prácticas. Dependiendo del tamaño del proyecto, puede ser necesaria una supervisión dedicada al uso de los materiales, que se podría realizar con la misma residencia de obra o en su caso, la gerenciadora.

Otro punto importante de la supervisión interna es el deslinde de responsabilidades. En ocasiones pueden existir incidencias que representen un cargo extra por material, por ejemplo, en el caso del concreto puede haber fallos en la cimbra, mala programación de los colados o deficiencias con el servicio de concretos/bombeo. En estos casos se tiene que conciliar la responsabilidad de ese consumo extra y realizar la deductiva o reembolso que

aplique, en caso de no hacerlo son pequeñas pérdidas que se van sumando y son absorbidas por la desarrolladora.

#### 1.2.6 Estímulos fiscales

Existe un estímulo fiscal que se otorga al construir vivienda nueva, el cual consiste en una cantidad equivalente al 100% del impuesto al valor agregado que se cause por la prestación de dichos servicios y se aplicará contra el impuesto causado mencionado.

La SHCP<sup>2</sup> otorga este estímulo a los contribuyentes que presten servicios parciales de construcción de inmuebles destinados a casa habitación, siempre y cuando el prestador del servicio proporcione la mano de obra y materiales. Los servicios mencionados deberán prestarse en la obra en construcción al propietario del inmueble, quien deberá ser titular del permiso, licencia o autorización de la construcción de la vivienda correspondiente, por lo que el desarrollador no podrá gozar de dicho beneficio si contrata al constructor y le proporciona los materiales.

### 1.3 Conclusiones de capítulo

En resumen, las ventajas de proporcionar acero y concreto al contratista son muy básicas, pero muy efectivas para que el proyecto reduzca sus costos y mejore en calidad. Si bien, aparentemente hay más desventajas que ventajas, la mayoría de estas son controlables si existe una buena planeación y regulación en el manejo de los suministros. Es posible mitigar la mayoría de los problemas siguiendo los procedimientos para la supervisión y el control, de lo cual se hablará más adelante.

---

<sup>2</sup> Secretaría de Hacienda y Crédito Público

## 2 CASO DE ESTUDIO: PROYECTO DE USOS MIXTOS EN CDMX

### 2.1 Descripción del proyecto

Se presenta un proyecto en construcción en la alcaldía de Cuauhtémoc en la CDMX. Es un proyecto de 260,000 m<sup>2</sup> para usos mixtos: Comercial, Residencial y Corporativo. En este ejemplo se va a considerar su primera etapa, la cual consiste en la subestructura y el centro comercial. Esta etapa tiene un área aproximada de 150,000 m<sup>2</sup> divididos en 12 sótanos y un podio de 3 niveles, construidos con elementos prefabricados principalmente. El sótano 12 está construido para albergar las cisternas, plantas de tratamiento y los cuartos de máquinas, este es el único nivel colado en sitio; los 11 sótanos restantes son para estacionamiento y área comercial. El podio comercial consta de 3 niveles para subanclas y locales comerciales. Las piezas precoladas para el proyecto se fabrican en una planta ubicada a 66 km de la obra que además sirve de almacén temporal.

### 2.2 Proyecto ejecutivo e Ingenierías

El proyecto arquitectónico, como cualquier proyecto, ha sufrido gran cantidad de modificaciones sin que el despacho arquitectónico trabajara al ritmo de la obra. Por motivos de comercialización, se solicitaron cambios en las configuraciones de grandes áreas de algunos niveles, cambiando sus usos y, al ser estructura prefabricada, arquitectura debía validar las piezas, sus dimensiones y los cruces con instalaciones, por lo que el despacho no se daba abasto y presentó retrasos importantes.

El constructor de la estructura prefabricada incluyó en sus alcances el diseño del proyecto estructural con un tercero, tendiendo al esquema de proyecto diseño-construcción, mientras que el proyecto arquitectónico general se contrató de manera independiente, tendiendo al esquema diseño-licitación-construcción. Estas diferencias ocasionaron muchas triangulaciones de información y mala coordinación, ya que el diseño y la construcción de la estructura se realizaban como actividades empalmadas, pero arquitectura tenía retrasos debido a la falta de información.

Tras algunos meses de avance la fabricación de piezas, el proyecto estructural y el proyecto arquitectónico presentaban desfases, desencadenando entregas tardías de los proyectos

ejecutivos aptos para construcción, al grado de que, por ejemplo, el proyecto de cimentación eliminó una pila -innecesaria-, que, para el día que esta actualización se entregó, la pila ya se encontraba construida. Esta pila, por supuesto, ocasionó un gasto adicional en material (80 m<sup>3</sup> de concreto y 0.5 ton de acero), sin embargo, este adicional no se adjudicó a nadie y lo absorbió la desarrolladora.

Un par de meses después el proceso proyecto-fabricación-construcción se estabilizó y la liberación de niveles completos empezó a suceder. Sin embargo, por motivos de comercialización, el área de proyectos solicitó una modificación en la modulación de dos niveles, en el nivel PB cambió la geometría de la tienda ancla, lo cual afectó las circulaciones verticales, y en el sótano 4 se eliminó una bodega. Estos cambios implicaron un impacto que abarcó los 11 niveles de sótanos, ya que los elevadores corren desde el nivel N-11 al N+03. La consecuencia de estos cambios fue el rediseño de cuadrantes completos de piezas prefabricadas a lo largo de todos los sótanos, de los cuales algunas piezas ya se encontraban fabricadas. Proyectos realizó un análisis de rentabilidad por dicha modificación, y determinaron que era favorable para el proyecto, aunque no es descartable el material que se utilizó al desechar las piezas fabricadas que quedarían inservibles -la geometría de dichas piezas no era compatible para otras zonas-. A la fecha no se ha cerrado el trato con ninguna marca para esa tienda ancla, sin embargo el proyecto sufrió todos los cambios mencionados.

En cuanto a las especificaciones, después de revisiones en obra y boletines actualizados, el proyecto estructural de los sótanos generó un catálogo de más de 20 tipos de concretos para la construcción de la estructura, mezclas independientes a las utilizadas en la fabricación de piezas.

Como en el proyecto existen diferentes tipos de piezas -trabes portantes, trabes secundarias, tabletas, columnas y ménsulas de apoyo- las conexiones entre cada una de ellas implica una especificación diferente. En la Figura 4 y la Figura 5 se puede ver una conexión tipo entre trabes portantes y trabes secundarias. Es posible ver que en un solo tipo de conexión existen por lo menos tres concretos de diferente resistencia, sin embargo,

en las notas técnicas especifican ciertas propiedades que debe tener la mezcla a la hora del colado, como por ejemplo resistencias rápidas (24 a 72 horas), autonivelantes, con impermeabilizante y con diferentes tamaños máximos de agregados.

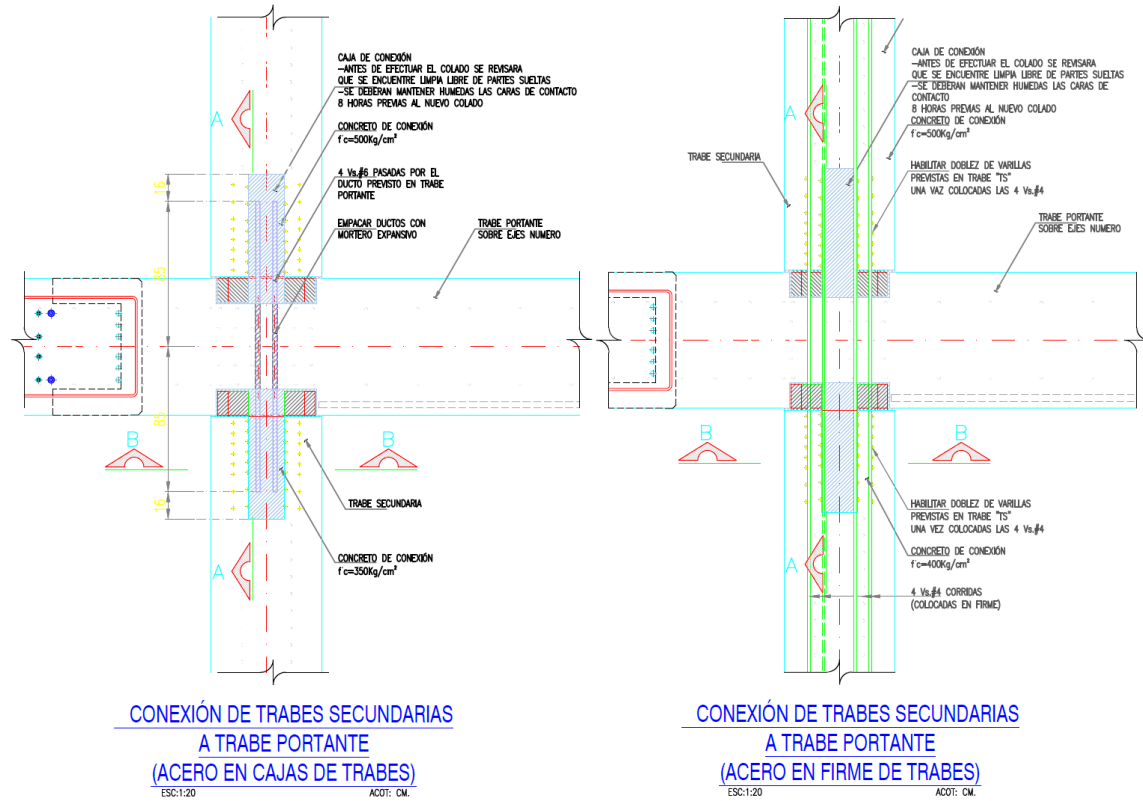


Figura 4:Detalle de conexiones con múltiples mezclas

Las especificaciones especiales se solicitaron para facilitar los colados y mejorar los tiempos, sin embargo, la existencia de tantos concreto complicó las solicitudes, entregas y colados debido a que cada conexión requiere de un volumen pequeño, de entre  $1\text{m}^3$  y  $5\text{m}^3$ , además, las conexiones contiguas varían.

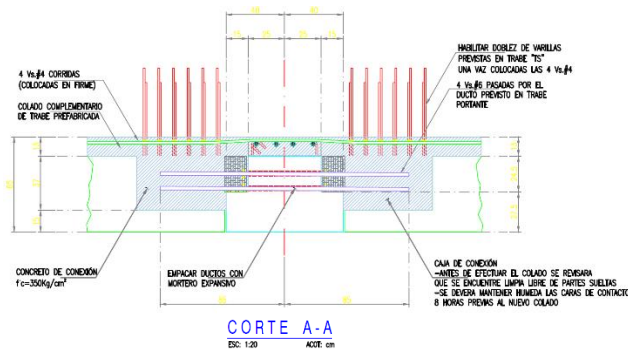


Figura 5:Detalle de corte de conexión con múltiples mezclas

La diferencia que implicaba especificaciones extras como impermeabilizante, acelerante, fluidificante o tamaño máximo de agregado aumentaron el costo por metro cúbico de concreto de manera considerable: entre 5% y 20%.

Otro punto importante del colado de estas conexiones fue que generalmente se colaron con bacha por medio de la grúa torre, factor que aumentó la tasa de desperdicios y agregaba un costo que se aplicaba indirectamente al concreto por el uso de la grúa.

### **2.3 Procuración y Compras**

La desarrolladora cuenta con procedimientos que necesitan mejora continua. Desde la solicitud de un material hasta su entrega existen muchos pasos que se podrían hacer más eficientes.

En un principio, el departamento de procuración no estaba establecido como tal, por lo tanto, los alcances de los responsables no estaban bien definidos, así que se le delegaban al *Gerente de Proyecto* las tareas de compras y contratación, implicando que debía buscar proveedores, hacer la comparativa y hacer la requisición para únicamente solicitar el pago a quien correspondiera. El proceso de compras y contrataciones no era eficiente durante este periodo, ya que las opciones con las que contaba el *Gerente de Proyecto* eran muy limitadas.

Posteriormente, se estableció el área de procuración, así que, con los nuevos procesos, el *Gerente de Proyecto* sólo se tendría que enfocar en sus necesidades para después realizar la requisición de material. Una vez en procuración, el proceso es simple, se realizaban las cotizaciones, se presentaban las comparativas con sus respectivas condiciones y se elegía al mejor candidato. Lamentablemente, aunque las requisiciones estuvieran debidamente justificadas, solía ser complicado recabar todas las autorizaciones para que dicha requisición procediera, inclusive, en algunas ocasiones, dirección general solicitó la reducción de las cantidades, ocasionando flujo de material ineficiente. Una vez autorizada la compra, el proceso de pago podía tardar hasta 3 o 4 semanas, ocasionando demoras en la entrega del material.



En resumen, el proceso desde la requisición hasta la entrega puede durar incluso un mes, retrasando los trabajos.

### 2.3.1 Adquisición de acero de refuerzo

En el caso del acero, la variedad está limitada por la existencia comercial, sin embargo, la principal complicación ha sido la fluctuación de precios. Mientras que para proyectos previos la empresa había comprado el acero de refuerzo a un precio promedio de \$11.70/kg, en el momento en el que se empezó a requerir varilla para este proyecto el precio llegó a un mínimo de \$10.00/kg, esto a finales del año 2017. Lamentablemente no se adquirió un volumen considerable para su uso en un periodo largo, sino que sólo se solicitó el necesario para un par de meses, no obstante, al haber cambio de año el material comenzó a subir de precio, aumentando hasta un 60% como se puede ver en la Figura 6.

La primera compra se realizó en octubre de 2017, para ese año se adquirió un total de 590.27 toneladas a \$10.00/kg, sumando un monto de \$5,902,704.00. Para el 2018 se adquirieron aproximadamente 3,500 toneladas, con precios variables llegando a un máximo de \$16.00/kg. El monto total por ese año fue de \$52,697,506.75, quedando un precio promedio de \$15.03/kg, esto significa que se pagó un 50.3% más respecto al precio de 2017.

En la Figura 6 también se refleja que, por una mala planeación de flujos, se adquirió el mayor volumen cuando el precio se encontraba en sus máximos. Si bien, adquirir mayor cantidad de material requiere de mayor flujo de efectivo, el valor del acero adquirido se elevó el 50%, lo cual justificaba un mayor egreso en un tiempo menor.

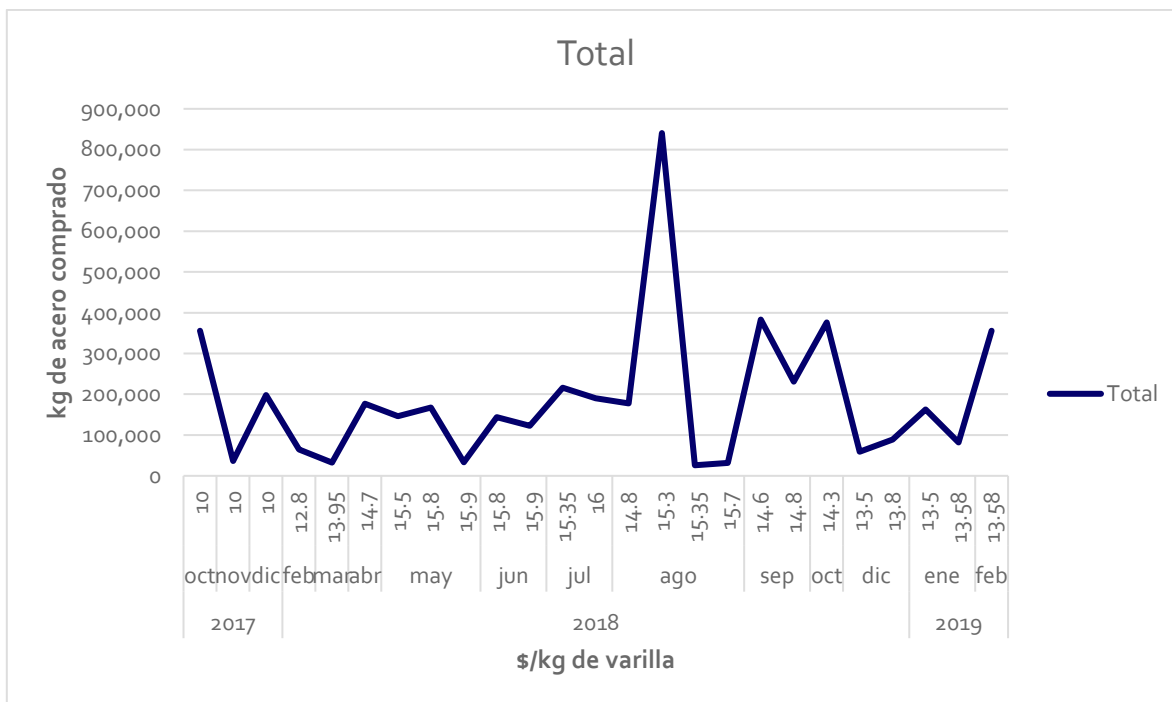


Figura 6: Adquisición de acero a lo largo del proyecto

### 2.3.2 Adquisición de Concreto y Mezclas

A lo largo del proyecto se ha proporcionado concreto de diferentes maneras y diferentes proveedores. Para el caso de las piezas prefabricadas, elaboradas en la planta, se realizó una cuantificación general de las piezas y se contrató el total del concreto, acordando la implementación de una planta de agregados dentro de la fábrica. Esto ha facilitado la garantía de suministro y de precio para la elaboración de las piezas prefabricadas, lo cual ha permitido el control del presupuesto y de los suministros de manera ordenada sin aumentos de precio inesperados, al contrario, el contrato contempla aumentos controlados por escalatoria de precios cada 6 meses, previa revisión y aprobación de la desarrolladora.

El concreto utilizado en obra se ha manejado con dos proveedores. En la primera fase suministró la concretera "A". Con este proveedor se llegó a un acuerdo de precios, sin realizar algún convenio o contrato que fijara los lineamientos o una línea de crédito formal. Se estableció que se le debía pagar por anticipado el concreto de manera periódica, el cual se abonaba a un saldo que se iba amortizando con cada pedido. Esta modalidad requería

que el control de los suministros fuera muy riguroso, incluso contablemente, teniendo que actualizar la información diariamente y considerando los pagos periódicos, ya que, si el saldo se terminaba, el proveedor dejaba de suministrar, además de que el pago tardaba por lo menos dos semanas en realizarse desde su requerimiento. Por otra parte, el control del proveedor era muy deficiente, siendo que su estado de cuenta siempre contenía errores a favor de ellos, mermando el saldo de la desarrolladora.

Al no considerar la modalidad de la concretera "A" como la mejor, se buscó un proveedor que, además de cumplir con los estándares de calidad en la entrega, otorgara crédito. Se logró un acuerdo con la concretera "B", con quien se realizó un contrato por un año de suministros que incluía una línea de crédito revolvente. De esta manera se podía garantizar el precio y el suministro de las mezclas autorizadas y con la posibilidad de extender el periodo. Incluso se logró que los alcances se extendieran a un proyecto en la ciudad de Guadalajara.

#### **2.4 Almacenamiento y Logística**

En este proyecto, el principal material que requirió almacenamiento fue el acero de refuerzo, ya que el concreto se entregaba sobre demanda. Dicho almacenamiento tuvo ciertos periodos críticos debido a la poca disponibilidad de espacio en la obra.

Como se mencionó anteriormente, el proyecto consistió en dos tipos de construcción:

- Colados en sitio: cimentación profunda, cimentación superficial y nivel de cisternas y cuartos de máquinas.
- Elementos prefabricados: Estructura principal de sótanos, centro comercial y torres.

En la Figura 7 se muestra la programación general de la construcción del proyecto, donde se muestran las cuatro grandes etapas que lo constituyen: cimentación profunda, cimentación superficial, cisterna y subestructura.

El periodo crítico de almacenaje en obra, enmarcado en rojo, se dio en las etapas correspondientes a los frentes colados en sitio, ya que el acero se debía habilitar y colocar

en la misma obra. Aunque el predio del proyecto es relativamente grande -10,600 m<sup>2</sup>- no era posible almacenar grandes cantidades de material; sin embargo, esta amplitud fue más bien utilizada para poder realizar actividades simultáneas y eficientizar el programa de obra, por lo tanto, el material no se podía quedar en un lugar fijo desde su llegada hasta su utilización, sino que era necesario reubicarlo cada vez que se iniciaba una actividad en la zona, como se puede ver en la Figura 8.

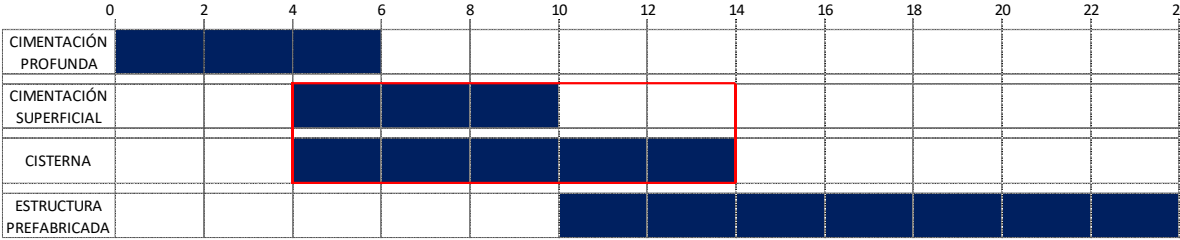


Figura 7: Programa general de actividades de obra



Figura 8: Almacenamiento de varilla y habilitados en obra

Por otro lado, existía el predio de la planta de prefabricados (Figura 9), que contaba con suficiente espacio para almacenar toda la varilla que se fuera adquiriendo, tanto para uso en la planta como para uso en la obra. Esto facilitó las compras en grandes volúmenes. No obstante, la dificultad que se presentó fue la distancia a la obra, ubicada a 66 km, además de que no se contaba con un transportista asignado específicamente para el traslado de materiales.



*Figura 9: Almacenamiento de material en planta de prefabricados*

Lo anterior requirió una logística especial, donde se determinaban las cantidades que podía enviar el proveedor directamente a la obra, según el programa, y el resto se almacenaba en la planta para posteriormente ir programando los envíos cuando el material se agotaba en la obra, pudiéndolos enviar junto con piezas prefabricadas.

De esta manera, los *Gerentes del Proyecto* organizaban la programación de entregas a sus respectivos destinos. Desde la requisición del material se asignaban las cantidades a entregar a obra y a planta, para que el material que llegara a esta última se fuera utilizando tanto en los prefabricados como en posteriores entregas a la obra.

Al terminar los frentes de cimentación superficial y cisterna, el almacenamiento del acero dejó de ser crítico, tanto por la minimización de su uso en obra, como el espacio disponible existente.

#### 2.4.1 Inventario

Tanto en la planta como en la obra se tenía un control muy estricto del material. En la obra se encargaba el superintendente de tener dicho control, registrando todas y cada una de las recepciones y entregas de material, realizando una relación final donde el contratista estaba de acuerdo con el material entregado, para su posterior conciliación.

El almacenaje en la planta de prefabricados era más riguroso. El material se encontraba en un área restringida donde sólo personal autorizado podía hacer entrega del material

requerido para la fabricación de las piezas cada día. Al igual que en la obra, se llevaba un registro de entradas y salidas, con sus respectivas remisiones y vales.

En forma paralela a la obra y la planta, la administración del proyecto mantenía el registro completo del material, desde la requisición hasta la entrega a los contratistas, teniendo siempre actualización de entradas, salidas, inventarios, costos y usos.

## **2.5 Construcción**

Desde el principio de la construcción, se procuró el registro de las entradas y salidas de material, tanto de la obra como de la planta. La administración de la obra monitoreaba los movimientos en conjunto con las superintendencias, en cada recepción de material y en cada conciliación de uso de material. Sin embargo, durante una etapa, el control se quedó como mero registro, ya que no se les daba seguimiento a las discrepancias o hacían falta conciliaciones para poder realizar las deductivas a quienes resultaran responsables.

### **2.5.1 Aprovechamiento de Concreto y Mezclas**

En una primera etapa el concreto era suministrado por la concretera "A". Como ya se había mencionado, con este proveedor no se tenía un contrato formal, sino más bien un convenio apalabrado en el que se respetarían los precios durante el suministro, pero sin entrar en detalles respecto a conceptos adicionales que pudieran surgir.

Al principio este sistema funcionó de manera razonable. La primera etapa consistió en la construcción de las pilas, las cuales se diseñaron todas con el mismo tipo de concreto. No obstante, al comenzar la etapa de construcción de dados y fustes se requirieron nuevas mezclas de concreto no consideradas previamente y el convenio perdió un poco su enfoque porque los precios ya no estaban controlados, tenían variaciones respecto de una factura a otra, aunque fuera la misma mezcla. Esta situación no fue atendida y en la siguiente etapa, construcción de cisterna y losa de cimentación, se agravó por la gran variedad de mezclas que se necesitaban.

El hecho de considerar únicamente precios de las mezclas en el convenio con este proveedor era una gran desventaja porque conceptos pequeños como el bombeo o la tubería -utilizada para llegar al sitio del elemento a colar- eran cobradas. Aunque tenían

precios muy bajos, las cantidades eran tan altas como los metros cúbicos suministrados. Al final, la suma de los cobros por cancelaciones, tubería y cargos por vacío alcanzó aproximadamente el 10% del monto total erogado a este proveedor. Este porcentaje se pudo haber reducido al negociar con un contrato formal este tipo de situaciones.

Otra desventaja de este esquema con la concretera "A" era que, al ser un pago anticipado, se pedía indiscriminadamente mientras se supiera en la obra que existía saldo a favor, ya que ni la supervisión de obra, ni el contratista, ni la concretera tenían lineamientos de control. Esto desencadenó que existieran incidencias que resultaron en pérdidas de tiempo, pero, sobre todo, de material.

Entre las incidencias que ocasionaron pérdidas, ocurrieron:

- Fallas de la cimbra
- Devoluciones o cancelaciones de pedidos por no tener cimbras terminadas
- Pedidos de ajustes evitables
- Exceso de tiempo de espera de la olla
- Taponamiento de tuberías
- Fallas de la bomba

Naturalmente, en cada incidencia existía un responsable, en algunas ocasiones la concretera, en otras la supervisión y en otras el contratista. Lamentablemente, por el esquema que carecía de controles, estas responsabilidades no se asignaron y la desarrolladora las absorbió por completo. En proporción, estas pérdidas consistieron en aproximadamente el 2% del monto total erogado a este proveedor.

Adicionalmente, por procesos constructivos, los contratistas solicitaban mezclas especiales para poder facilitar los colados, siendo que estas especificaciones no estaban determinadas en proyecto y mucho menos en presupuesto. A los contratistas les ahorra algo de tiempo, pero era un costo que absorbía totalmente la desarrolladora sin que alguien pusiera algún control respecto a esto.

Tras algunos meses, se lograron las negociaciones con la concretera "B". Con este proveedor se tuvieron la mayoría de las consideraciones que se omitieron con la concretera "A". Conceptos, mezclas, control de suministro, personas autorizadas, condiciones y especificaciones fueron plasmadas en el contrato, lo que aumentó de manera considerable el control de este material. Además, al ser una línea de crédito revolvente -en vez de saldos a favor- permitió racionar y programar de manera más adecuada los pedidos y se tenía condicionado el pago del suministro si, y sólo si, cada una de las remisiones y facturas estaban conciliadas en obra. Una vez conciliadas el área de procuración se encargaba de procesarlas para pago.

#### 2.5.2 Aprovechamiento de Acero de refuerzo

El acero de refuerzo en obra no tuvo mayor complicación. Tal como llegaba el acero se recibía y se entregaba al contratista, con su respectivo vale. Una vez terminadas cada una de las etapas de construcción, se firmaba una conciliación de acero utilizado, que tenía que coincidir con las cuantificaciones del proyecto. Aunque el acero se entregaba al momento de su llegada a la obra, la supervisión de la obra mantenía monitoreado el uso y los desperdicios, los cuales eran propiedad de la desarrolladora.

Un punto adicional de ahorro en material es la venta de la "chatarra". Si se consigue un recolector que ofrezca precios considerables, se puede recuperar parte del desperdicio del material.

En el caso de que el acero en obra se agotara, se hacía la solicitud de envío desde la planta de prefabricados a la obra y se proseguía con la logística de entregas establecida.

### 2.6 Gerencia del proyecto y administración central

La gerencia del proyecto tomó un papel sumamente importante en la toma de las decisiones, sin embargo, la administración central de la desarrolladora limitó en gran parte esas decisiones.

El equipo completo de la gerencia del proyecto procuró siempre realizar el proyecto con la mejor calidad, control y rapidez posible, pero algunos de los factores mencionados



anteriormente dependían directamente de otras áreas como proyectos, procuración o incluso dirección general.

La falta de coordinación entre áreas y la falta de delimitación de alcances de cada una de ellas propició que hubiera inconsistencias tanto en los procesos como en las responsabilidades. En parte fue consecuencia de que la empresa es relativamente nueva y a la fecha sus procesos y alcances no están completamente definidos.

La enorme falta de información fue en parte ocasionada por la comunicación ineficiente entre todos los involucrados y en todos los niveles. El área de proyectos solía trabajar de tal manera que la comunicación tanto con el *Gerente de Proyecto* como con el proyectista tenía interferencias importantes, triangulando información que tardaba en ser notificada entre las partes. Por ejemplo, en las reuniones de proyecto el proyectista estructural no se presentaba, sino que el constructor de la estructura acudía en su representación, ocasionando un nivel más de interferencia, situación ocasionada por la subcontratación del proyectista dentro del constructor, contratado así desde el principio del proyecto por parte de dirección general.

Situaciones similares sucedieron en gran parte del proyecto, provocando serios retrasos, gastos innecesarios, conceptos adicionales, controversias con los contratistas y multas que se pudieron haber evitado.

### 3 MANUAL PROPUESTA PARA CONTROL DE MATERIALES SUMINISTRADOS

La desarrolladora inmobiliaria es un negocio en el cual se obtienen utilidades muy altas sin necesitar siquiera una sola máquina pesada. Se obtienen ganancias a partir de la coordinación de recursos económicos y profesionales para construir y/o habilitar inmuebles para obtener una rentabilidad al vender o arrendar.

El punto clave para lograr este objetivo es el control y el orden, ya que el desarrollador absorbe la responsabilidad de materializar los proyectos, si bien no maneja personal dedicado a la construcción, debe cumplir con los programas de obra y presupuestos para las fechas metas de operación de los proyectos. En resumen, un desarrollador inmobiliario obtiene ganancias al adquirir responsabilidades y riesgos, y decidir si provee el material al constructor es uno de ellos.

Todos los proyectos presentan riesgos, los cuales se deben identificar, prever y monitorear. Una de las estrategias para transferir ciertos riesgos en el manejo efectivo de los abastecimientos es la administración del riesgo, para lo cual se deben evaluar las estrategias de contratación, el número de contratos, el tipo de contrato, la forma de pago, la preselección de empresas, la administración y supervisión de los acuerdos contractuales, etcétera. (Chamoun, 2002)

En capítulos anteriores se habló de ventajas y desventajas de proveer el material al constructor y en el caso de estudio se ejemplificó una variedad de situaciones en las que el control y uso del suministro debió ser manejado con mayor caución para evitar pérdidas económicas.

A continuación, se presenta una serie de puntos a tomar en cuenta para reducir el riesgo y las pérdidas económicas por la decisión de suministrar el acero y el concreto al contratista, para poder aprovechar los ahorros que se tienen al no incluirlos en su presupuesto.

### 3.1 Análisis previo del proyecto

Antes de decidir si es buena opción realizar la compra de los materiales para entregar al contratista se deben de tomar en cuenta distintos puntos, ya que, de lo contrario, sólo se ocasionan pérdidas o gastos innecesarios, tanto de dinero como de tiempo.

La desarrolladora debe determinar las políticas para decidir el quién suministrará los materiales, y en su caso, qué materiales. Algunas políticas que se podrían aplicar serían:

- Número de contratistas que manejarán material: dependiendo del tamaño del proyecto y los frentes o etapas que serán atacados por distintos contratistas se puede optar por proporcionarles el material. En el caso de que un solo contratista maneje estos materiales en mayoría, es recomendable que él mismo los suministre.
- Características del proyecto: considerando que hay dos o más contratistas, si el número de accesos al proyecto están limitados por sus características, se recomienda que el desarrollador provea los materiales. Por ejemplo, en el caso del concreto, la logística de colados se unifica a diferencia de que dos o más contratistas cuelen con sus propios proveedores.
- Ahorro por compras masivas: con el anteproyecto se pueden realizar cálculos aproximados del material que se requerirá para el proyecto y de esta manera determinar el posible ahorro que se obtendría al comprar el material a diferencia de que el contratista lo suministre. La desarrolladora deberá determinar el monto que considere razonable para tomar la decisión.
- Proveedores estratégicos: si la desarrolladora cuenta con cartera amplia de proveedores se facilita la negociación de los precios de los materiales. Así mismo, la desarrolladora debe contar con buena reputación para obtener créditos de manera constante.
- Existencias en inventarios: La desarrolladora debe tomar en cuenta siempre las existencias de materiales en sus almacenes. Es muy común que se dejen de lado los materiales sobrantes de proyectos previos, sin embargo, pueden ser muy útiles para aprovecharlos en uno nuevo.

- Tiempo de entrega: Productos o equipos con tiempo de entrega muy largos, como elevadores y otras instalaciones mayores principalmente, que requieren varios meses hasta su entrega, según especificación de Diseño.

En el caso de que el análisis indique el beneficio obtenido no es considerable, el suministro de materiales se le deberá delegar los subcontratistas que aplique.

### 3.1.1 Elaboración de contrato

La desarrolladora inmobiliaria tiene la opción de elegir distintos tipos de contrato dependiendo del riesgo que quiera administrar o delegar, mientras más riesgo absorba, hay mayor posibilidad de reducir costos, sin embargo, también puede suceder lo contrario; en cambio, si se delega el riesgo al (los) contratista(s), el costo aumenta, pero se mantiene estable. Los tipos de contrato<sup>3</sup> más comunes son:

- Precios Unitarios
- Precio Máximo Garantizado
- Precio Alzado
- Por Administración
- Llave en Mano

Además de la ejecución, es importante considerar la elaboración y entrega de proyecto ejecutivo de manera integral dependiendo de las características del desarrollo, de lo cual se hablará más adelante.

Cuando se reciban las propuestas de los contratistas deben incluir el material y entregar sus respectivos análisis de precios unitarios y explosión de insumos para efecto de poder calcular y determinar si es conveniente el suministro de materiales.

Al formalizar el contrato, se deben especificar todo lo relacionado con los materiales, entre estas especificaciones deberán incluirse:

---

<sup>3</sup> Para conocer más sobre *Tipos de Contrato*, consultar "Administración Profesional de Proyectos: La Guía" de Yamal Chamoun.

- En anexo de contrato: conciliación formalizada de la cuantificación entre la desarrolladora y el contratista, así como su porcentaje de desperdicio de cada material para fijar los topes en cantidad y especificaciones.
- En post-contrato y actualizaciones: En el caso de haber omitido alguna conciliación de insumos con el contratista, se deberá conciliar uno extraordinariamente para poder llevar un control.
- Control de cambios de proyecto: en el contrato original está determinado un proyecto con ciertas cantidades y especificaciones con base en una versión, si el proyecto se modifica se deberán de actualizar los factores que afecten los insumos, ya sea acompañada de una Orden de Cambio o solo la explosión de insumos, este anexo debe de estar alineado a la última versión, que, igualmente, debe de estar conciliada entre la desarrolladora y el contratista.

Para efectos de control presupuestal, se sugiere ampliamente que, a partir de una proyección realizada por el área de costos, se calcule un costo base del que podría ser el costo promedio de cada material durante el periodo de ejecución de cada contrato, así se pueden medir ahorros y sobrecostos.

### 3.1.2 Cierre de contrato

A la etapa de cierre de cada uno de los contratos se debe realizar la revisión final de todas las condiciones mencionadas anteriormente.

Se debe realizar una evaluación de entregas y ejecución con respecto a los materiales, se deberán de entregar desperdicios o soporte del retiro del material (según aplique).

En el caso de que existan rescisiones de contrato o terminaciones anticipadas el proceso cobra más relevancia, ya que se tiene que comprobar el buen uso del material y, en el caso de que el contratista tenga material en resguardo, el regreso del que no se utilizó para seguirlo aprovechando en la obra.

Finalmente, después de todos los análisis a lo largo del proyecto y de los cierres administrativos, se debe elaborar un reporte de ahorros, sobrecostos, gestión de materiales, resumen por proyecto, por compras masivas, reclamos relacionados a la

entrega de materiales y material perdido para conocer el verdadero ahorro comparado con lo estimado al principio.

### 3.2 Análisis y control de proyecto ejecutivo

La entrega de proyecto es el proceso por el cual todos los procedimientos y componentes del diseño y la construcción están organizados y recopilados de acuerdo con el resultado del proyecto deseado. El proceso comienza con la compilación de necesidades y requerimientos del desarrollador plasmados en un programa arquitectónico, una vez seleccionadas las especificaciones del proyecto, el desarrollador define la manera en la que administrará el desarrollo del proyecto y su construcción.

Existen tres formas de entrega de proyecto:

- Diseño-licitación-construcción: es el método tradicional donde se contratan los proyectistas y posteriormente se contrata al constructor, siendo que, en la etapa de diseño, el constructor no está involucrado (Figura 10):



Figura 10: En Diseño-Licitación-Construcción las actividades no tienen simultaneidad

- Administración de la construcción: el desarrollador contrata una gerencia externa para el desarrollo del proyecto, aportando tanto en el diseño como en la construcción.
- Diseño-construcción: en el mismo contrato se integra el diseño y la construcción, permitiendo traslape entre las dos actividades Figura 11:

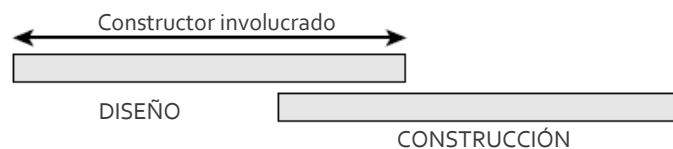


Figura 11: En Diseño-Construcción hay simultaneidad de actividades

La mayor desventaja del esquema diseño-licitación-construcción es que cuando los estimados se vuelven muy altos o existen errores en el momento de la construcción, el

proyecto tiene que regresar a la etapa de diseño para realizar los ajustes, lo que ocasiona retrasos significativos. (Jackson, 2010)

El desarrollador debe elegir el esquema que mejor se acople a su proyecto para poder administrar tiempos y costo. Si bien es cierto cualquier proyecto sufre cambios, se busca mitigar las largas esperas de proyecto y los costos por modificaciones.

### 3.2.1 Tiempos y programa

Una vez elegido el esquema del proyecto se deben considerar los tiempos de entrega del proyecto ejecutivo desde la generación de diseños esquemáticos y conceptuales hasta las entregas de proyecto apto para construcción.

Cada proyectista debe dar un tiempo razonable para entregar sus respectivos trabajos, y, sobre todo, cumplirlos. Al tener estos tiempos definidos, se procede a fijar una fecha en la que se reúnan todos los requisitos para iniciar la obra.

En este punto es crucial que el *Gerente de Proyecto* dé seguimiento y monitoree dichas entregas según el programa general de obra, cuidando que no se conviertan en ruta crítica. De otro modo, si la construcción comienza sin los planos autorizados hay gran posibilidad de que existan cambios que afecten incluso lo ya construido, así como las cuantificaciones que se tienen que realizar para realizar presupuestos y compras de material a tiempo.

### 3.2.2 Procesos constructivos y definición de materiales

En el proceso de diseño de proyecto, sobre todo de estructuras, debe existir una figura, ya sea interna o externa, que lo valide íntegramente. Esta validación no sólo debe ser una revisión para saber si cumple o no con las normas, sino que, en conjunto con el *Gerente de Proyecto*, se debe hacer un análisis de compatibilidad de los procesos constructivos con los materiales propuestos. Esto es, ya que se tienen las modulaciones de la estructura y sus respectivos armados, verificar y conciliar los dichos armados y los concretos propuestos para que sean compatibles con la estructuración diseñada y la arquitectura desde una perspectiva práctica que se enfoque en los procesos constructivos.

En proyectos grandes es común que en la elaboración del proyecto ejecutivo participen varias personas en un mismo equipo de trabajo, lo que puede ocasionar que se propongan características o especificaciones similares, pero no iguales de acuerdo con el criterio de cada individuo, lo que provoca que los catálogos contengan gran variedad de especificaciones para un mismo proyecto. El *Gerente de Proyecto* junto con el área de proyectos debe identificar todas las tipologías propuestas, tanto de concretos como de acero y verificar que estén unificadas, o en su caso buscar una simplificación. De lo contrario se genera un gran catálogo de materiales y especificaciones difíciles de cotizar, controlar, utilizar y aprovechar debido a las logísticas de proceso constructivo.

### 3.2.3 Control de cambios: tipologías, practicidad, utilidad

Si en el desarrollo del proyecto las especificaciones y definiciones no se pudieron simplificar, es el deber del *Gerente de Proyecto* tener la caución de seguir los procesos tal y como se diseñaron, evitando realizar cambios si no hay una justificación relevante.

Es sumamente importante que el *Gerente de Proyecto* no de pie a que el constructor o la superintendencia modifiquen dichas especificaciones a criterio o que incluyan agregados/aditivos -en el caso de las mezclas cementicias- para facilitar el trabajo, ya que son costos que absorbe la desarrolladora y modifican el proyecto autorizado sin realizar un análisis integral.

Muy rara vez los proyectos se realizan exactamente de acuerdo con el plan original, los cambios son inevitables y deben esperarse. Lo importante es la forma en que el equipo del *Gerente de Proyecto* responderá y manejará los cambios del proyecto. Cada una de las solicitudes de cambio debe estar plenamente fundamentada y justificada. Existen metodologías para el análisis de cada uno de los cambios, como puede ser la *Administración de cambios de ESCALA* (Chamoun, 2002)

### 3.2.4 Cuantificación

La cuantificación de volumetrías depende directamente de las entregas de proyecto. Al liberar fases de proyecto congeladas se cuenta con información suficiente para iniciar el



proceso de cuantificación, lo que va generando una aproximación a lo realmente se va a utilizar.

Se pueden realizar estimaciones lógicas de volúmenes cuando no existan planos, que, a lo largo de las entregas de proyecto se deberán ir actualizando. La cuantificación final se conformará a partir de la acumulación de volúmenes de la explosión de insumos de cada fase de proyecto liberada, permitiendo elaborar un flujo de materiales a lo largo de la obra. Este flujo facilita el inicio del proceso de procuración, del cual se hablará más tarde.

El proceso de cuantificación es realmente importante, independientemente de que se otorgue el material al contratista o no, ya que de eso dependerá del buen uso y cobro a la hora de hacer los presupuestos. El equipo de cuantificación debe tener la suficiente experiencia para acercarse lo más posible a la volumetría realmente requerida. Se sugiere que, en caso de no contar con un equipo capaz para dicha tarea, se considere una empresa externa dedicada a cuantificaciones y presupuesto, siempre y cuando se cuente con información de proyecto suficiente, esto ahorrará tiempo y reducirá errores.

### **3.3 Procuración y Costos**

La adquisición de los principales materiales de la construcción implica diversos factores a lo largo de todo el proceso, como la fluctuación de los precios en el mercado, la variedad de estándares de calidad y los procesos internos que van implícitos hasta el momento de su pago y entrega.

#### **3.3.1 Análisis de Costos**

Las compras requieren de un análisis de flujo de efectivo para poder determinar el máximo de lo que se puede adquirir sin perder liquidez. Se debe elaborar un plan de desembolso a partir de las fuentes de financiamiento del proyecto y los análisis de las proyecciones de flujo del presupuesto. Este plan detallará las necesidades del flujo de efectivo para el proyecto, el cuál será actualizado continuamente de acuerdo con los movimientos de ingresos y egresos.

El costo se puede ir estimando a partir de valores paramétricos<sup>4</sup> si el proyecto se encuentra en etapas tempranas, lo cual da una aproximación a las cantidades y tipos de materiales que se requerirán.

En el momento en el que el avance del proyecto ejecutivo lo permita es recomendable visualizar la requisición detallada de los materiales para empezar a analizar la situación en la que éstos se encuentran en el mercado. Con ayuda del departamento de finanzas se pueden obtener pronósticos del comportamiento de los precios para poder tomar decisiones acertadas a la hora de adquirir producto, así como el impacto en los flujos de efectivo de la empresa.

Para la elaboración de estimados de costos se sugiere documentar la información de costos de los proyectos en bases de datos para facilitar el análisis para proyectos futuros, tomando en cuenta las siguientes acciones que se deberán realizar en cada proyecto (Chamoun, 2002):

- Examinar proyectos anteriores similares y obtener la información de costos
- Identificar similitudes y diferencias entre los proyectos actuales y anteriores
- Aplicar factores a la información de costos del proyecto anterior para realizar comparaciones válidas (inflación, índices de precios al consumidor, etc.)
- Comparar estimados de costos del proyecto actual y la información de costos ajustada de anteriores proyectos similares.
- Ajustar los costos estimados actuales

Al desarrollar estimados de costos es necesario considerar márgenes de error con base en factores que están dentro y fuera del alcance. El margen para los factores inherentes a la naturaleza del proyecto se llaman Imprevistos y los factores ajenos a la naturaleza del proyecto se llaman Contingencias. La asignación de estas partidas la realiza la

---

<sup>4</sup> Para conocer más sobre *Costos Paramétricos*, consultar "Costos de Construcción para Arquitectos e Ingenieros" de Leopoldo Varela Alonso.

desarrolladora en conjunto con los equipos pertinentes, el *Gerente de Proyecto* debe tener conocimiento para poder utilizarlas adecuadamente. (Chamoun, 2002)

Se recomienda el uso de herramientas o metodologías de análisis financiero para lograr un mejor control del flujo de efectivo, tanto para medir los ingresos como las erogaciones basándonos en las proyecciones previas. Un ejemplo de herramienta es el Presupuesto Base [*Baseline Budget*] aplicando la técnica del Valor Ganado [*Earned Value*] (Fleming & Koppelman, 2000), así como el Control Presupuestal, que nos ayuda a monitorear el desempeño del presupuesto en el proyecto (Chamoun, 2002).

### 3.3.2 Control de Calidad

La desarrolladora y el proyectista, coordinados por el *Gerente de Proyecto* determinan los grados de calidad, mientras que la entrega es responsabilidad del *Gerente de Proyecto* y su equipo. Entregar calidad es una de las responsabilidades más importantes del *Gerente de Proyecto*, ya que cuenta con la responsabilidad y autoridad para integrar todas las áreas a través de los procesos para cumplir y superar las expectativas.

Es común pensar que mientras menor sea el precio, menor es la calidad, sin embargo, es un error pensar que, porque un producto tenga menos requerimientos que otro, es de menor calidad, por lo que se debe hacer una investigación de mercado para encontrar el mejor balance calidad-precio.

Tanto el *Gerente de Proyecto* como el área de procuración suelen tener bien identificados ciertos proveedores que ofrecen buena relación calidad-precio. Sin embargo, cada proveedor otorga distintas condiciones mercantiles según la situación económica en la que se encuentre en ese momento, por lo que es una tarea muy importante realizar la investigación de mercado pertinente para encontrar al mejor. Es más probable conseguir mejores beneficios con los ya conocidos, y mejor aún si se ha sido cumplido con ellos, no obstante, pueden existir empresas emergentes que por su reciente apertura ofrecen precios bajos y facilidades para la adquisición de los materiales.

Tanto el *Gerente de Proyecto* como el área de procuración deben tomar las siguientes consideraciones generales en cuenta al elegir los proveedores para el proyecto:

- Controles de calidad: la empresa debe cumplir con las certificaciones de las normas aplicables.
- Certificados de calidad: cada lote producido debe contar con sus respectivos certificados y/o pruebas de calidad.
- Capacidad: la empresa debe contar con la capacidad de entregar los volúmenes que el proyecto necesita.
- Inspección en campo: si se cree conveniente, los involucrados pueden realizar una visita a las sedes de los proveedores para autenticar el origen y los factores que puedan afectar al material como el almacenaje o su manejo.

La calidad se puede monitorear en todas las etapas del proyecto mediante sistemas como la Administración de la calidad, complementando la administración del proyecto, tomando en cuenta la satisfacción del cliente final, la prevención y los procesos. (Chamoun, 2002).

La adquisición del concreto es diferente a la del acero, mientras que el concreto se puede fijar con un solo proveedor y crear un convenio de suministro, con el acero el proceso de comparación y verificación sucede cada vez que se requiere, es muy complicado adquirir todo el acero en una sola exhibición, por lo que cada vez que se requiera se necesita pasar por todo el proceso.

Independientemente de lo que se quiera contratar y del proveedor que se elija, es conveniente conservar una buena relación con los proveedores. De ello dependerán las condiciones, precios y beneficios que se puedan obtener a la hora de requerir cualquier producto o servicio. Se deben tratar como socios virtuales, ya que se debe formar una relación ganar-ganar.

### *3.3.2.1 Calidad del Acero de refuerzo*

En el caso del acero de refuerzo las compras suelen ser más arriesgadas y complicadas, incluso de un día para otro pueden existir saltos considerables en los precios con cada proveedor. De tal manera que, si se cuenta con flujo constante y los precios estos reflejan estabilidad, se sugiere que es buen momento para adquirir material. Adicionalmente, se recomienda monitorear el comportamiento histórico para que en el momento en el que

haya disminuciones de precios importantes se pueda conseguir la mayor cantidad de material posible.

Cuando el proyecto ejecutivo y/o la situación financiera de la desarrolladora no permite la compra de grandes volúmenes de material, a la hora de requerirlo, se deben sopesar los tiempos estándares del proceso interno de la empresa. Dependiendo de los factores que afecten las compras de los materiales pueden variar los tiempos.

Si las condiciones son favorables, se podrá contar con el material en un tiempo relativamente corto. Sin embargo, si las condiciones de la empresa no son las ideales y requieren de mayor tiempo para la adquisición de materiales, se debe considerar para evitar que la obra se quede sin inventario y que se limiten las actividades. Un periodo de actividades reducidas en obra implica riesgos: desde la pérdida de tiempo en el programa de obra hasta desencadenar reclamos por los contratistas debido a tiempos muertos.

El *Gerente de Proyecto* debe realizar la requisición del material con anticipación necesaria, que contemple el tiempo de entrega para no quedarse al límite en inventario antes de realizarla, sino que por lo menos cuente con el material que utilizaría durante el periodo de entrega según el programa de obra.

En la Figura 12 se ilustra un esquema de programación de acero incluyendo los procesos correspondientes. En rojo se enmarca el periodo en el que el material de la primera entrega está por agotarse y cuando ocurre la segunda entrega, se puede ver que hay existencias aun cuando la segunda entrega ya se realizó. Los tiempos que se deben considerar son los administrativos, ya que pueden existir diversos factores como: procesos internos de la empresa, falta de flujo, expectativa de precios a la baja, entre otros que provoquen retrasos. Además, como se puede ver en las etapas de "Proceso de pago" y "Entrega" hay posibilidad de que el contratista otorgue crédito, entregando todo o parte del material, aunque no se le haya realizado el pago, por el otro lado, hay proveedores que a partir de la fecha de pago programan la entrega días después.

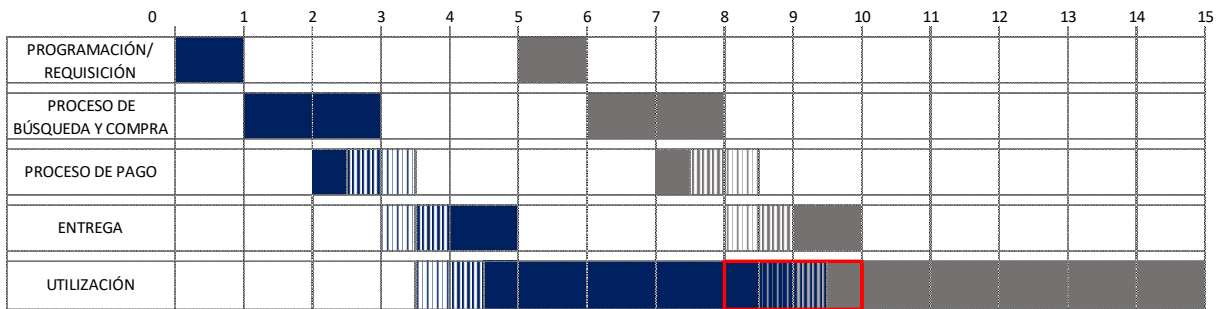


Figura 12: Programación de pedidos de Acero de Refuerzo

### 3.3.2.2 Calidad del Concreto y Mezclas

Los precios del cemento se mantienen más estables que los del acero, haciendo que su negociación se simplifique en cuanto a su valor. El punto clave de conseguir mezclas cementicias radica en la obtención de alianzas con las casas concreteras para obtener mejores condiciones mercantiles.

El factor más importante de la negociación del concreto es el crédito. Dependiendo del tamaño de la obra, el consumo periódico, el tamaño de la concretera, pero, sobre todo, el pronto pago, pueden facilitar una línea de crédito revolvente para los proyectos, favoreciendo el ritmo de la obra sin limitaciones en las cuestiones del pago.

A la hora de elegir una concretera, además del precio, hay factores por visualizar para poder medir su capacidad para que la construcción del proyecto se pueda realizar de la manera en la que lo requiere, como son:

- Experiencia: una empresa que tenga los procedimientos establecidos para soportar el tamaño del proyecto puede marcar la diferencia.
- Ubicación: el tiempo promedio de traslado de la concretera al proyecto no debe exceder las recomendaciones de las especificaciones propias del proyecto, por lo que mientras más cerca se encuentre, mejor.
- Posibilidad de llegar a la obra: además de la distancia, los vehículos de la concretera deben cubrir los requerimientos del sitio y el acceso a la obra.

- La variedad de mezclas: existen proyectos que pueden necesitar mezclas muy específicas que sólo ciertas casas pueden lograr, además de la resistencia a la compresión, estas características se tienen que formular por expertos.
- Calidad de los materiales: tanto los agregados pétreos como el cemento deben ser de buena calidad y cumplir las pruebas mecánicas aplicables.
- Certificación y cumplimiento: la producción debe estar certificada según normas nacionales e internacionales.
- Capacidad de fabricación: dependiendo del tamaño del proyecto se pueden necesitar desde colados esporádicos hasta colados continuos durante jornadas completas de trabajo, por lo que la concretera debe contar con la capacidad de producción de grandes volúmenes.
- Capacidad de suministro: además de la producción, debe contar con la logística adecuada para que el suministro no se vea limitado según la necesidad del proyecto.
- Vehículos en buen estado: los camiones revolvedora deberán tener las condiciones aptas para el suministro, fallas recurrentes pueden afectar los tiempos del suministro.
- Operadores capacitados: el personal que asista a la obra debe ser competente tanto en la maniobra del vehículo como en el tirado de las mezclas, debe cumplir con las normas de seguridad dentro y fuera de la obra.
- Capacidad de crédito: la concretera debe contar con flujos financieros suficientes para evitar rezagos de producción y entrega en los periodos que existan entre pago y pago.
- Disponibilidad de horarios de entrega: el proyecto puede requerir colados nocturnos o incluso 24 horas, la concretera debe tener la capacidad para estas condiciones.

Otro de los puntos a tratar en la negociación del concreto es la inclusión de -o descuentos en- los servicios adicionales en cada colado, como, por ejemplo, pedidos de ajuste,

cambios, reprogramaciones, cancelaciones, bombeos, aditivos, mezclas preparatorias, etc.

El servicio de bombeo es una actividad que se puede analizar y contratar por separado. Las características del proyecto y su logística determinarán la manera en la que el concreto se tirará en obra, por lo tanto, se puede definir qué método conviene más para cada etapa. Ya que se definió el método, se sugiere cotizarlo con varias empresas, incluyendo la misma concretera si es que cuenta con ese servicio, o incluso se puede optar por la compra del equipo si se determina que es lo más conveniente.

Finalmente, al contar con un catálogo de mezclas autorizadas para el proyecto se pueden cotizar volúmenes aproximados para garantizar el precio y el suministro durante periodos largos, generalmente pueden ser fijados hasta por 12 o incluso 15 meses, con posibilidad de revisión de precios.

Si el proyecto lo amerita y cuenta con el espacio suficiente se puede considerar la implementación de una planta dosificadora para concreto dentro de la obra, lo que ayuda a reducir drásticamente los tiempos de entrega y monitorear la calidad casi en tiempo real, además de que el concreto se va suministrando en cuanto se solicita.

### **3.4 Almacenamiento y logística**

#### **3.4.1 Almacenamiento**

El almacenamiento de materiales en la obra es un tema crucial del que no se habla mucho. Cualquier proyecto, por muy pequeño que sea, requiere un almacén de materiales donde se puedan resguardar aquellos suministros que se tienen que ir provisionando a lo largo de la obra para lograr un control de éstos.

La importancia radica en que es muy frecuente el robo o mal uso, desde las etapas tempranas, donde la mayoría son insumos pesados como acero de refuerzo o sacos de cemento, pasando por los elementos para las instalaciones y por último los acabados más delicados.



El almacén se puede asignar dentro de la obra o, si es necesario, en un sitio externo. Se pueden dividir en tres tipos: cerrado, abierto y semiabierto. Para el caso de este estudio, se puede contar con un semiabierto, ya que sólo debe proteger de las condiciones medioambientales.

Al elegir el sitio se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- Suficiente espacio: según los volúmenes a resguardar, deben considerarse dimensiones horizontales y verticales, así como los accesos.
- Condiciones adecuadas: los materiales deben estar fuera del alcance del intemperismo. De igual manera, cada tipo de material cuenta con sus especificaciones particulares para almacenamiento. En el caso del cemento y del acero, el agua y/o humedad deben ser prácticamente nulas para evitar que se deterioren.
- Vigilancia y control: Se sugiere que exista personal exclusivo para cada actividad, un vigilante que se encuentre resguardando y un almacenista que lleve el control de las entradas y salidas, así como el inventario como tal. Si el almacén es muy pequeño, una sola persona puede cumplir las dos actividades, sin embargo, es recomendable que en horas inhábiles exista un velador, o en su defecto, se asegure muy bien.
- Equipo de maniobras: Dado que las entregas por lo regular son "a pie de obra" se debe contemplar el personal y la maquinaria para movilizar el material a su lugar destino.

En principio, la construcción debe de contar con los materiales según el programa de obra, sin embargo, en entornos urbanos, no es necesario contar con almacenamientos muy grandes, se puede realizar una planeación inteligente y flexible. Un tamaño eficiente de almacén se puede estimar a partir de un balance entre la proyección de los volúmenes que serán utilizados en el proyecto y de los volúmenes que los flujos de efectivo permitan adquirir por periodos de tiempo. Este balance nos mostrará el almacenamiento máximo con el que se deberá contar, ya que, si las condiciones son favorables para adquirir grandes

volúmenes, se puede exceder la capacidad de almacenaje disponible, de ser así, hay que considerar alternativas como compras con entregas diferidas, o bien, la asignación de un almacenaje extra por el tiempo que sea necesario. (Sutt, Lill, & Mürsepp, 2013)

Lo anterior se puede ejemplificar con la Figura 13. En el gráfico se muestran las entradas y las salidas, así como la diferencia entre estas, la cual nos indica las cantidades almacenadas en inventario. Para este caso se observa que el almacenamiento inicial oscila entre 5 y 6 unidades, marcado por una línea roja. Sin embargo, existe un pico de hasta 8 unidades que se mantiene durante dos meses, y a partir de este punto el material almacenado comienza a disminuir hasta agotarse debido a la conclusión del proyecto. En consecuencia, el almacenamiento máximo requerido son 8 unidades de material, de los cuales, se puede valorar la opción de garantizar por lo menos almacenaje para 6 unidades y para los periodos 6 y 7 disponer de 2 unidades extras de almacenamiento, o bien, solicitar que las entregas correspondientes a este periodo se realicen de manera diferida.

Este cálculo se puede realizar tan detallado como se requiera, para este ejemplo se utilizaron periodos mensuales, pero se puede realizar por semana o incluso por día, para obtener un dato más exacto. (Sutt, Lill, & Mürsepp, 2013)

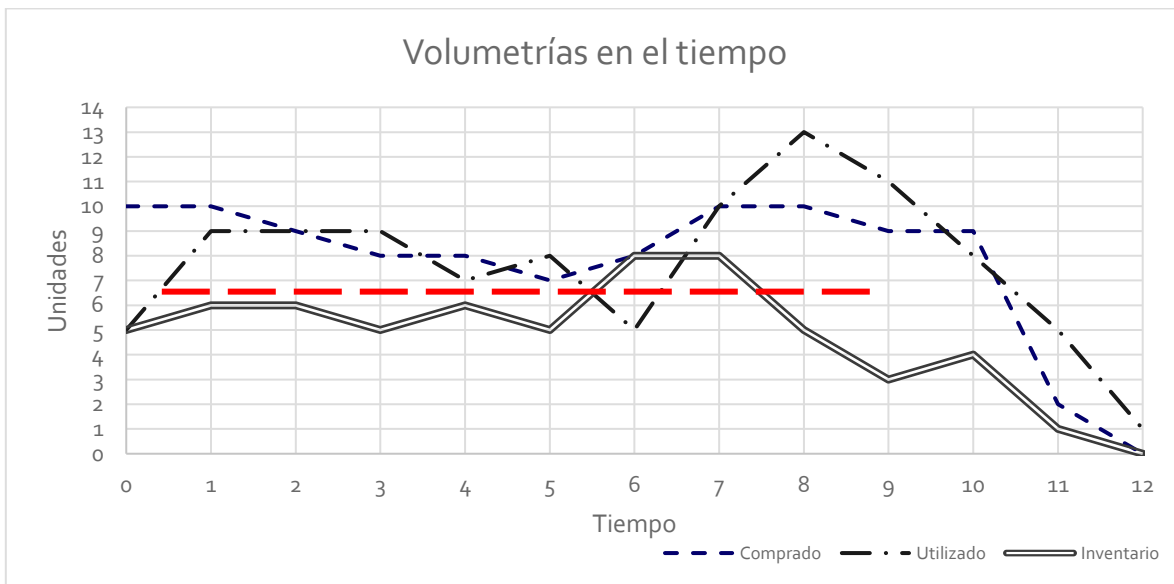


Figura 13: Flujo de material en el proyecto

### 3.4.2 Logística

El almacenamiento, sobre todo en construcciones urbanas, suele ser costoso y limitado, generalmente se habilitan edificios temporales que al concluir el proyecto son retirados. El costo del almacenamiento en sitio es particularmente alto, es por eso por lo que la logística es una gran herramienta que nos permite administrar el proceso de la construcción a través de la trazabilidad de materiales empleados, es decir, los datos básicos, porcentajes de entrada y salida, la disposición de los elementos, fechas, horas, etc.

En el subcapítulo anterior se habló del tamaño del almacenamiento que se requiere para el proyecto, así como de alternativas para evitar el costo de espacio de almacenamiento extra, como podrían ser las entregas diferidas. La logística nos permite eficientizar aún más el dominio del material, desde que se solicita hasta que se utiliza en la obra.

Comparada con la industria de manufactura, la industria de la construcción es muy fragmentada, ya que todos los procesos están dirigidos por diferentes compañías, especialmente los grandes proyectos. Un modelo central de planeación de suministros y flujo de material asegura una buena comunicación de todos los involucrados.

El *Gerente de Proyecto*, en conjunto con el proveedor, puede planificar los envíos del material de acuerdo con el programa de obra para acercarse lo más posible a un esquema de logística *Just-In-Time (JIT)*<sup>5</sup>, reduciendo aún más el almacenamiento requerido para el material a utilizar.

#### 3.4.2.1 Logística del Concreto y Mezclas

Para el caso del concreto es sumamente sencillo, ya que, al ser un insumo fabricado sobre demanda, simplemente basta con la planeación diaria para solicitarlo y utilizarlo en la obra. Esta situación se puede complicar a escala micro cuando existen factores que no permiten que se suministre el concreto de manera adecuada, como son: escasez de materia prima,

---

<sup>5</sup> *Just-In-Time*: Justo a tiempo. Política de mantenimiento de inventarios al mínimo nivel posible donde los proveedores entregan justo lo necesario en el momento necesario para completar el proceso productivo.

embotellamientos o incluso por causas imputables al desarrollador como atrasos en los pagos.

#### 3.4.2.2 *Logística de Acero de Refuerzo*

En el caso del acero la logística es más complicada. Contar con un programa de obra certero permite ir estimando las demandas de acero para la obra. De acuerdo con las actividades programadas y los rendimientos del proyecto es posible determinar tiempos estimados de consumo de material, que, en conjunto con el proveedor, permiten entregas previamente planeadas para minimizar el almacenamiento en la obra sin llegar a la escasez.

La base de todo esto es la información. El *Gerente de Proyecto* debe tener el conocimiento de los acontecimientos de la obra. El hecho de que varias empresas estén involucradas en el proyecto puede dificultar el flujo de la información y de los sucesos que ocurran, como pueden ser fallos de maquinaria y equipo, insuficiencia de personal, incidencias, proyecto ejecutivo confuso, procedimientos constructivos sin definir o con restricciones, fenómenos naturales, entre otros. La construcción es muy sensible en cuanto a las situaciones que se presentan, cualquiera de los eventos mencionados puede ocasionar retrasos en tiempo considerables que afectan totalmente la logística que se tenía planeada.

El plan de suministros refiere a la necesidad de material del proyecto entero, desde las volumetrías y los equipos a utilizar hasta el plan de pagos, que debe ser negociado con el proveedor para llegar a un acuerdo, o en su defecto, conseguir potenciales participantes que puedan suministrar de acuerdo con las condiciones del mercado.<sup>6</sup>

#### 3.4.3 *Inventario*

Idealmente, se busca reducir el inventario al mínimo para economizar espacio y recursos, buscando que el almacén sea del menor tamaño posible para albergar únicamente lo necesario sin que se agote, lo que significa que el flujo de material sea muy alto.

---

<sup>6</sup> Para conocer sobre *Logística*, consultar "Engineering construction project site logistics management" de Chen Duiyong.

La función de controlar el inventario es primordial para mantener en orden el flujo del material. En conjunto con la administración de la obra, se debe actualizar la información de la trazabilidad en cada uno de los movimientos, de esta manera se tiene registro de cada uno de ellos.

El almacén debe contar con el personal debidamente aprobado e identificado para realizar los movimientos, ya que de él dependerán las autorizaciones para las salidas del material. Si personas no autorizadas realizan movimientos el control se pierde y las inconsistencias en la información causarán problemas al realizar los cortes periódicos.

Es recomendable definir formatos para ser implementados en el proceso de ingreso y salida de los insumos, donde se puedan definir las partes involucradas y responsables, cantidades, volúmenes, origen de los insumos, número de elementos, remisiones, entre otros puntos. Eso hará de la trazabilidad una información de fácil acceso, identificación e interpretación para los responsables de dichos inventarios y proporcionará un control del flujo de materiales dentro y fuera del almacén.

### **3.5 Aprovechamiento de material y control de obra**

El momento más crítico y delicado al que los materiales están sujetos es la hora de su utilización o aprovechamiento, en su preparación para ser colocado en su posición y cumplir su objetivo final de ser parte de la estructura del proyecto es cuando más se debe cuidar y monitorear. Aunque se consigan los mayores ahorros al proyectar, requisitar, cotizar y comprar los materiales, si no se tiene el cuidado suficiente en el momento de la construcción, se pueden tener pérdidas mucho mayores.

Una herramienta que permite el monitoreo de los elementos a construir es un formato de autorización de colado, comúnmente llamado *Checklist*. Este formato facilita el control, tanto de la calidad de cada elemento como de las cantidades de material a utilizar y conciliar. En este formato se encuentran todas las especificaciones como dimensiones, armados, volúmenes, tipo de concreto, diagramas, ubicación y fechas, así como la verificación y autorización por las partes involucradas. (Figura 14 y anexo final)

FECHA:		
ELEMENTO:	COLUMNA	BÁS
PLANO:	PLANO Y BOLETES	
UBICACIÓN:	PLANO REFERENCIAL	CORTE Y DETALLE

CUMPLE DIMENSIONES OBRA DE MONTAJE		SI	NO
DIAGRAMA DEL ELEMENTO			
* 76 VIGAS (CORRIDAS) * 4 COLUMNAS CM-1 * 1 JUEGO DE SECT + 2 GRAPAS <b>ARMADO AR - 1</b> 055.12			
OBSERVACIONES:			

ALINEACION DE COLUMNA PREFABRICADA		CUMPLE	SI	NO	N/A
LONGITUD					
ANCHO					
VERTICALIDAD					
ALINEAMIENTO RESPECTO A EJE					
FECHA DE REVISIÓN:					

ALINEACION DE COLUMNA METALICA		CUMPLE	SI	NO	N/A
TOLERANCIAS Y TUBERIAS					
TOLERANCIAS DE MONTAJE					
PROTOCOLOS DE SEGURIDAD					
DICI BARRERAS					
FECHA DE REVISIÓN:					

ACTIVIDAD	RESPONSABLE	FECHA DE INICIO	FECHA DE FIN	ESTADO
MONTAJE	OBRA CIVIL	TOPOGRAFIA	OBRA CIVIL	
MONTAJE	OBRA CIVIL	SEGURIDAD INDUSTRIAL	OBRA CIVIL	
TOPOGRAFIA	SEGURIDAD INDUSTRIAL	PREFABRICADOS	OBRA CIVIL	

Figura 14 Ejemplo de formato de "Checklist"

### 3.5.1 Aprovechamiento: responsabilidades y conciliaciones

Al iniciar trabajos con cada proyectista se debe definir y especificar detalladamente por escrito, de ser posible en el contrato, la modalidad en la que se entregará todo el material incluido, así como sus volúmenes. Pueden existir varias modalidades de entrega del material dependiendo de los trabajos que realizará cada contratista y los volúmenes que utilizará.

#### 3.5.1.1 Aprovechamiento del Acero de Refuerzo

El acero se puede especificar de una manera relativamente fácil al contar con el proyecto ejecutivo y el presupuesto anexo al contrato. Basta con saber la cantidad de varilla de cada diámetro para otorgarla al contratista según la conveniencia de la desarrolladora y la logística acordada.

Es totalmente necesario registrar cada entrega de material al contratista de la manera más específica posible para que al final de los trabajos se tenga identificado el volumen utilizado. Se sugiere realizar cortes periódicos en los que se concilie la cantidad entregada y utilizada, estas conciliaciones deben quedar plasmadas por escrito y firmadas por ambas partes.

Ya sea en los cortes periódicos o en la entrega/recepción de los trabajos, en caso de que el contratista haya requerido más material del que se había estipulado, debe estar sujeto a deductivas o descuentos para recuperar el monto del material extra. Sin embargo, en el poco probable escenario de haber recibido menos material del estipulado, siempre y cuando esta reducción implique una diferencia que exceda el 5% del total, debe estar sujeto a consideraciones del *Gerente de Proyecto* y corresponsables de obra por cuestiones de seguridad estructural.

#### 3.5.1.2 *Aprovechamiento de Concreto y Mezclas*

El manejo del concreto en obra requiere de supervisión por parte de todos los involucrados: desarrolladora, supervisión, contratista y proveedor. Este monitoreo se debe realizar desde la solicitud del pedido del día hasta su fraguado.

La primera parte por verificar son los elementos que se van a colar en la jornada. Cuando existen elementos que están totalmente preparados para su colado y con su *checklist* completo y autorizado se puede realizar el pedido de concretos de acuerdo con los volúmenes y tipologías que se encuentran en los *checklists*. El pedido del concreto debe ser realizado por la supervisión de la desarrolladora por personal autorizado para evitar triangulación o malas prácticas.

Una vez solicitado el material, la recepción del concreto debe estar verificada tanto por el contratista como por la desarrolladora para evitar pérdida de información, así como las pruebas *in situ*. Posteriormente, la administración de la obra debe realizar el registro detallado de los movimientos.

En el trayecto desde el camión revolvedora hasta el elemento final pueden ocurrir situaciones donde existan pérdidas de material importantes, de manera directa o indirecta.

Dependiendo de las características del proyecto, estas pérdidas pueden ser muy variadas, ya sea por la amplitud, profundidad, altura o geometría. Entre los factores que pueden causar pérdidas están:

- Falla/ausencia de la bomba: en cualquier tipo de bomba, ocasiona retrasos si existe un medio alternativo para colar, o en caso contrario, cancelaciones totales.
- Tubería tapada: hay ocasiones en las que la tubería instalada para realizar colados a gran distancia se tape por falta de mantenimiento o por maniobras incorrectas, lo que también ocasiona retrasos.
- Ollas con retraso: si en la logística del proveedor suceden retrasos con el suministro de concreto, se puede sobrepasar el tiempo máximo de espera de la mezcla antes de ser colocada, lo cual ocasiona una devolución.
- Fallas en cimbra: si la cimbra no está habilitada correctamente puede fallar y derramar el concreto u ocasionar retrasos que pueden desencadenar devoluciones.
- Elementos no preparados para el colado: si en la logística de la obra un elemento programado para colado no se encuentra preparado ocasiona retrasos o cancelaciones.
- Errores: tales como equivocación en tipos de concreto, volúmenes mal calculados.
- Accidentes: de cualquier tipo, sobre todo los relacionados al operador del camión revolvedora.
- Falta de logística: la devolución de ollas por causas imputables a la obra (retrasos o cancelaciones) o ajustes complementarios en las cantidades de concreto causan costos adicionales que se facturarán.

El costo generado por estas incidencias tiene que ser aplicado a su responsable ya sea al contratista, al proveedor, al bombero, o, en su caso, la desarrolladora.

### 3.5.2 Administración de obra

La administración de obra, en conjunto con las superintendencias pueden llevar un control tan detallado como se requiera. En una misma base de datos se pueden registrar todos los movimientos de material, desde su recepción hasta su entrega y utilización.



Cada movimiento se puede registrar con los soportes e identificaciones existentes para cada lote, por ejemplo:

- Tipo de material
- Especificaciones desglosadas
- Número de remisión
- Número de factura
- Fecha de recepción
- Fecha de entrega
- Fecha de utilización
- Tipo de elemento del que forma parte
- Ejes/niveles del elemento
- Precio
- Contratista al que se entregó

Este tipo de registro facilita de gran manera el procesamiento de datos para informes. Hacerlo de manera detallada y ordenada posibilita obtener fácilmente información muy valiosa del proyecto en cuanto a volúmenes y costos, así como verificar avance constructivo o deducciones que se tengan que aplicar. Además del registro, se recomienda archivar todos los soportes físicos que respalden las entregas y recepciones de material.

La administración de obra debe estar enterada también de cualquier incidencia que haya ocasionado costos adicionales y registrarla para su futura conciliación con su respectivo responsable.

### 3.5.3 Desperdicios y Residuos

Naturalmente existen desperdicios en la construcción, debe ser una cantidad que no exceda un rango entre el 5% y el 10% del total, dependiendo de su aprovechamiento. Este material sobrante pertenece a la desarrolladora y es importante especificarlo en el contrato, por lo que la superintendencia debe manejarlo de manera adecuada en la obra.

### *3.5.3.1 Residuos Metálicos*

Existen empresas que se dedican a la compra de desperdicio metálico para su posterior disposición. Estas empresas recolectan sobre todo pedacería de varilla y otros aceros de refuerzo a cambio de un pago específico según la masa del material. Las recolectoras generalmente están regidas según la normativa vigente en la ciudad donde se encuentra el proyecto, por lo que se debe elegir un recolector autorizado, pero que además ofrezca buen precio por el material que retirará. Un rango razonable de precio por kilogramo de material retirado es de entre el 35% y el 45% del precio por kilogramo de varilla nueva.

### *3.5.3.1 Escombros*

Por lo general, el desperdicio generado por mezclas cementicias se encuentra integrado dentro de la estructura, además de lo que pudiera caer al momento de su manejo, por lo que no se generan residuos considerables necesarios de retirar, por otro lado, los residuos también pueden ser producto de demoliciones.

En el caso de que existan acumulaciones considerables que no se puedan mantener integrados al proyecto, se debe considerar el retiro de dichos escombros. A diferencia de la chatarra metálica, es posible que este tipo de retiro ocasione algún costo extra, sin embargo, pueden existir empresas que también lo compren dependiendo de las características. Al igual que las empresas que retiran desechos metálicos, las que retiran escombros deben estar regulados por la normatividad vigente de la ciudad y, en su caso, deben entregar certificados de depósito o uso final de dicho material.

## **3.6 Mejora Continua**

Además de los temas inherentes al desarrollo de un proyecto, la estructura y procesos de la empresa deben consolidarse y mantener una actualización y mejora continua, tanto en el contexto humano como en el tecnológico.

A continuación se presentan características y herramientas con las que una desarrolladora inmobiliaria debería de contar para robustecer e integrar su funcionamiento.

### 3.6.1 Uso de Herramientas Informáticas

#### 3.6.2.1 ERP (*Enterprise Resource Planning*)

Un sistema ERP es una aplicación informática que permite gestionar todos los procesos de una compañía en forma integrada. Sus siglas provienen del término en inglés *Enterprise Resource Planning*, que se puede traducir como sistema de planificación de recursos empresariales.

Por lo general este tipo de sistemas está compuesto de módulos como Facturación, Ventas, Compras, Contabilidad, Finanzas, Producción, entre otros, lo que brinda información cruzada e integrada de todos los procesos del negocio. Este software debe ser parametrizado y adaptado para responder a las necesidades específicas de cada organización.

La gran ventaja de este sistema es que se puede registrar tanto detalle como se requiera en una sola gran base de datos de acceso controlado, ya que prácticamente todos los movimientos se pueden ingresar en la base común sin que se pierda información por la posesión individual de la información.

Por otro lado, algunas desventajas de los ERP pueden incluir:

- Su instalación es costosa
- Requiere de capacitación, habilidades y experiencia
- Es un sistema relativamente rígido
- Puede no ser apta para cualquier empresa

Específicamente en el desarrollo inmobiliario funciona para controlar toda la información relacionada con los proyectos como pueden ser:

- Presupuestos autorizados: para cada uno de los proyectos se pueden asignar topes, funcional si se asigna el ERP como control de egresos.
- Subdivisión de proyectos por fases o etapas: en el caso de querer asignar cuentas o centros de costos a cada fase para su control, por ejemplo: centro comercial, residencial y oficinas, con sus respectivos presupuestos.

- WBS: se puede generar la estructura como más convenga.
- Catálogos de conceptos: generales y por proyecto, con montos y paramétricos.
- Proveedores: información fiscal, bancaria, datos de contacto y precios.
- Contratos de obra: toda su información dividida en partidas, subpartidas y frentes.
- Avances de obra: por frente, por partida, por etapa, por monto, por estimación.
- Solicitudes de pago: requisiciones de material o pago de estimaciones se pueden solicitar mediante una orden de compra.
- Inventarios: se pueden crear inventarios virtuales para control de cada material para cada proyecto.
- Materiales: se pueden asignar por usos a contratos o contratistas específicos para conocer su avance.
- Contabilidad: registro de facturas, elaboración de cheques, amortizaciones de material.

Dentro de la gestión en un *ERP* se encuentra el control de los materiales en distintos niveles. En este tipo de sistemas se puede controlar su comportamiento en un inventario virtual, desde la primera compra, pudiendo visualizar y registrar todas las entradas y salidas, mostrando información en tiempo real que permite tomar decisiones, ya sea para solicitar más, o en caso de notar alguna inconsistencia (Figura 15), buscar la causa. Así mismo, presenta estatus respecto a los topes presupuestales, lo cual se puede comparar con el programa de obra.

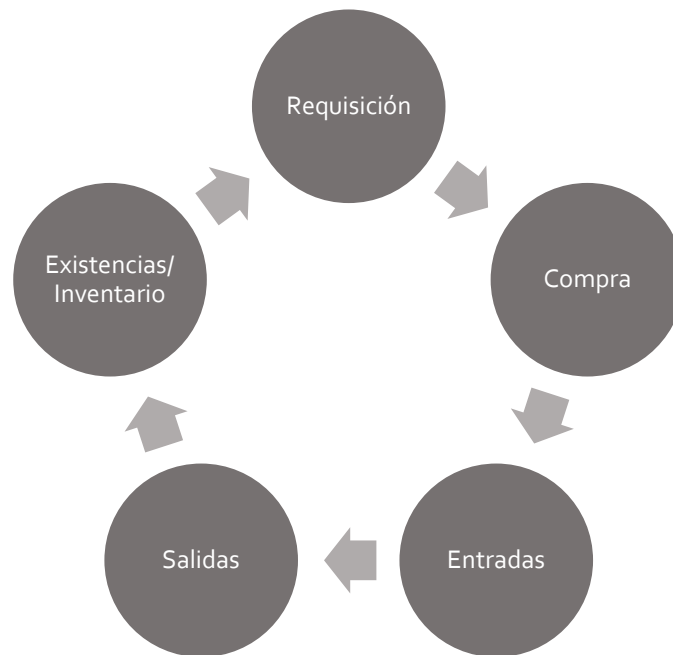


Figura 15: Procesos de control incluidos en los ERP

Existe gran variedad de sistemas ERP en el mercado, al determinar que un sistema de estos es factible en la empresa desarrolladora se debe realizar el proceso de implementación de una manera en la que se aproveche al máximo, debido a su alto costo.<sup>7</sup>

### 3.6.2.2 BIM (Building Information Modeling)

Uno de los avances en el desarrollo de proyectos hoy en día es el uso de la tecnología conocida como *Building Information Modeling (BIM)*, que en español significa: Modelado de Información de Construcción. La metodología BIM agrega a los planos y especificaciones bidimensionales el componente tridimensional además de información extra. Cada elemento del modelo contiene datos y especificaciones particulares que en conjunto forman parte de la administración del proyecto. De esta manera, un modelo BIM es una representación digital de las características físicas y funcionales mostradas como un modelo 3D, con la capacidad agregada de integrar un arreglo de datos de diseño y construcción relacionados con costos, programas, materiales, procesos, mantenimiento, energía, usos y más. (Jackson, 2010)

<sup>7</sup> Para conocer sobre *elección de sistemas ERP*, consultar "Metodología para elección de sistemas ERP" de Florencia Chiesa.

Para este estudio, la metodología BIM favorece con la información contenida en cada uno de los objetos en el modelo, como dimensiones, materiales y especificaciones, lo que facilita al cuantificador para poder desarrollar cantidades para el proyecto. Un modelo BIM provee cantidades exactas de los materiales, y los componentes se pueden ligar directamente con bases de costos para crear un estimado preciso del proyecto. Incluso si se modifica el proyecto, automáticamente se actualiza toda la información para identificar el impacto del cambio en el presupuesto.

La administración constructiva mediante entorno BIM es costosa, pero se trata de un modelo virtual donde se integran todos y cada uno de los elementos del proyecto y permite identificar errores y detalles mucho antes de que se ejecuten físicamente, lo que ahorra tiempo y dinero, además de crear un diseño más eficiente.<sup>8</sup>

### 3.6.2 Capital Humano

En un entorno altamente competitivo como el actual, es indispensable para las organizaciones contar con profesionales capaces de liderar, planificar y administrar los proyectos que estas requieren para el logro de sus objetivos estratégicos.

A continuación, se presentan recomendaciones para cada uno de los involucrados en la empresa desarrolladora con el fin de eficientizar los procesos y reducir riesgos a la hora del desarrollo de los proyectos.

#### 3.5.1.1 *Departamento de Procuración y Compras*

El principal objetivo de esta área es controlar el costo de los bienes y servicios necesarios para los proyectos, lo que supone un aumento de productividad y mayor rentabilidad en las operaciones. Sus objetivos principales son:

- Minimizar los costos por compras, almacenamiento y distribución.
- Garantizar el flujo de construcción, asegurando que las requisiciones se cumplan para no quedar sin inventario.

---

<sup>8</sup> Para conocer más sobre *administración constructiva mediante entorno BIM*, consultar "BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods and Workflows" de Brad Hardin

- Desarrollar y planear fuentes alternativas de suministro para asegurar precio, calidad e inventario.
- Desarrollo de proveedores y buenas relaciones mercantiles.
- Mantener el registro de los datos actualizado.
- Presentar informes cada cierto tiempo a modo de control.

Los integrantes de esta área deben realizar evaluaciones de los precios de manera constante para comprobar que se están recibiendo las mejores ofertas. Encontrar el mejor precio del mercado sin renunciar a la calidad es la tarea principal y se logra con la negociación constante con los proveedores y la búsqueda de alternativas.

La negociación es una herramienta clave en esta área. Una buena relación con los proveedores propicia mejor atención y prioridad en las negociaciones, se puede lograr intentando escuchar a los proveedores para saber llegar a los mejores acuerdos, se deben considerar como socios virtuales donde ambas partes reciben un beneficio.

Además del trato con las empresas externas, es de suma importancia la integración de este departamento con el resto de los involucrados:

- Construcción: es el área que utilizará el material, por lo que lo solicitará y registrará los movimientos de este.
- Proyectos: es el área que determina las especificaciones y las cantidades, por lo que la relación es estrecha para evitar confusiones.
- Finanzas: es fundamental conocer los flujos de efectivo y los programas de erogaciones para realizar estimaciones del capital de trabajo que se requiere.

El área de procuración debe entender las necesidades del proyecto, sobre todo la parte constructiva. El área debe analizar continuamente sus procedimientos internos para mejorarlos en cuanto se encuentren áreas de oportunidad, esto con la finalidad de optimizar tiempos y recursos para no afectar el programa de obra.

### 3.5.1.2 Gerente de Proyecto

El gerente de proyecto es la figura al frente de todo el proyecto, las decisiones que tome serán de suma importancia para su correcto desarrollo. Entre las cualidades con las que este personaje debe de contar se encuentran la planeación, organización y control de un proyecto en todas sus fases, incluyendo el diseño, la ejecución de los trabajos y la administración de los recursos humanos, materiales y financieros, para que el proyecto satisfaga los objetivos y requerimientos de la dependencia o entidad<sup>9</sup>.

La planeación se debe realizar en todo momento para evitar en lo posible cualquier retraso que merme el avance del proyecto. En las actividades que requieren de planeación y control riguroso en el tema de los materiales y su suministro están implicadas desde la procuración de las entregas del proyecto ejecutivo en tiempo hasta la programación continua de cada una de las etapas en las que se requerirá material. De lo contrario se pueden perder tiempos por procesos administrativos o financieros.

Aunque el área de procuración se encargue directamente de la compra de materiales y contrataciones de suministros, el *Gerente de Proyecto* es el que debe conocer las especificaciones y necesidades reales del proyecto, por lo que puede realizar aportaciones de información importantes para que en las negociaciones se puedan lograr mejores acuerdos. Esto es, especificaciones especiales, materiales según programa de obra y cuantificaciones totales que por lo general el área de procuración no tiene total conocimiento; el *Gerente de Proyecto* puede plantear a los proveedores la magnitud de los alcances que el proyecto requerirá a lo largo de su desarrollo y así crear una relación en la que ambas partes obtengan beneficios y conseguir mejores condiciones mercantiles.

Lo más importante del proyecto es su materialización, por lo que en ocasiones se les da la prioridad a los procesos constructivos a diferencia de los procesos administrativos. El *Gerente de Proyecto* debe tomar en cuenta estos últimos y no dejarlos de lado para que las

---

<sup>9</sup> Artículo 249, Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas, publicada en el DOF el 28 de julio de 2010.



transacciones se realicen en tiempo, sean transparentes y con su respectiva planeación, además, debe considerar la situación financiera de la empresa en todo momento.

Además, el *Gerente de Proyecto* como unificador, debe asegurar la comunicación efectiva entre la administración del proyecto, la obra y las otras áreas de administración central para poder garantizar que los problemas del proyecto sean identificados y resueltos a tiempo y adecuadamente. (Chamoun, 2002)

#### 3.5.1.3 *Direcciones*

Las distintas direcciones con las que cuenta la empresa deben estar involucradas de la misma manera para que cada una de ellas aporte en el desarrollo de los proyectos. Las direcciones administrativas deben de tomar en cuenta los procesos constructivos y sus necesidades, de igual manera, la dirección de construcción, exponiendo dichas necesidades, se debe acoplar a los lineamientos con los que las otras direcciones cuentan.

En general, el negocio de una desarrolladora inmobiliaria es la monetización de un proyecto inmobiliario que se logra materializar, por lo que se debe tener claro que, para lograr una rentabilidad, la materialización debe ser efectuada, y, si las áreas financieras no le dan la prioridad que necesita, el inicio de la rentabilidad se retrasa, lo que se traduce en pérdidas económicas.

#### 3.5.1.4 *Residencia y supervisión*

La responsabilidad más importante en este tema del equipo que trabaja directamente en la obra es la supervisión de los contratistas. Además de la rigurosa revisión de los procesos constructivos tienen la responsabilidad de garantizar que el material se encuentre en las condiciones adecuadas, con el control que requiere y que los contratistas les estén haciendo buen uso.

De igual manera, es fundamental la cuestión de los procesos administrativos, respectivamente, el control de los suministros y entregas, la recepción de los materiales, el monitoreo de inventario y los protocolos para la solicitud y requisición de los distintos materiales, esto con el fin de tener un estricto control desde el nivel más relevante que es el aprovechamiento del material.

#### 3.5.1.5 *Administración de obra*

El personal que se dedica a la administración de la obra deberá estar pendiente en todo momento de lo que ocurre en obra, así como de lo que ocurre en oficina central, siendo un vínculo entre estas dos áreas.

Al tener el control y monitoreo de los suministros, tendrá la capacidad de detectar anomalías de manera rápida al conocer cada movimiento del material, ya sean entradas, entregas, colados, etc. Asimismo, podrá detectar cuando el inventario se empiece a agotar, para informar al *Gerente de Proyecto* y que éste realice las requisiciones correspondientes.

La información que maneja deberá ser de fácil procesamiento para poder generar reportes ejecutivos del control de los suministros, incluyendo incidencias, retrasos, desperdicios y toda la información que sea relevante para el control presupuestal del proyecto.

## 4 GUÍA PRÁCTICA

Los aspectos más importantes de lo que implica el suministro de acero y concreto al contratista se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Elegir un esquema de entrega de proyecto según las necesidades.
- Verificar estatus de las diferentes etapas del proyecto ejecutivo al momento de iniciar la construcción.
- Ubicar y monitorear en la programación las diferentes entregas del proyecto ejecutivo.
- Realizar validación de proyectos ejecutivos y verificar compatibilidad materiales-proceso constructivo.
- Revisar catálogos de materiales y especificaciones para comprobar una posible simplificación o unificación.
- Procurar que durante la ejecución no se soliciten cambios de proyecto sin justificación suficiente que impliquen modificaciones en materiales o especificaciones.
- Contar con un equipo capaz para la cuantificación, ya sea interno o externo, siempre y cuando exista información de proyecto suficiente.
- Proyectar el flujo del material conforme a la generación de la información de las volumetrías para monetizarlo.
- Tomar en cuenta los tiempos de los procesos internos desde la requisición de material hasta su entrega, esto con el fin de no afectar el programa de obra.
- Analizar la situación de los insumos en el mercado para pronosticar los momentos en los que convenga comprar material en grandes volúmenes.
- Realizar análisis de flujo de efectivo para determinar los máximos volúmenes que se podrán adquirir.
- Realizar estimados de costos a partir de paramétricos, proyectos anteriores e información actualizada, considerando márgenes de error.

- Revisar que los controles y certificaciones de calidad con los que cuenta el proveedor, así como los que emite en su producción correspondan a lo requerido por el proyecto.
- Realizar visitas a las sedes de los proveedores para verificar las condiciones que ofrece, en caso de ser necesario.
- Monitorear la calidad mediante alguna herramienta existente con base en la prevención.
- Tomar en cuenta las consideraciones específicas para proveedores de concreto y de acero.
- Revisar las consideraciones del proyecto en cuanto a bombeo, considerarlas dentro del suministro del concreto o contratarlas por aparte.
- Considerar una planta de concreto en obra si lo amerita y se cuenta con el espacio.
- Elaborar el catálogo completo de productos con sus especificaciones para su contratación/compra.
- Considerar tiempos de proceso administrativo y entregas entre cada requisición de material para evitar retrasos.
- Calcular el espacio requerido de almacenamiento y habilitarlo con las condiciones necesarias.
- Considerar el transporte de material en caso de que el almacén no se encuentre *in situ*.
- Planear una logística de suministro de material para minimizar el tamaño del almacenaje.
- Asignar personal capacitado en almacén para mantener un registro estricto de entradas y salidas del material.
- Especificar en contrato los materiales, sus volumetrías y la manera en la que se entregará al contratista.
- Registrar cada uno de los movimientos de material.
- Elaborar el checklist de cada elemento con la información necesaria y sus respectivas autorizaciones.

- Solicitar el material directamente con el proveedor con la información de los checklists.
- Monitorear y registrar de manera minuciosa el uso de los materiales en obra para reducir desperdicios.
- Aplicar la responsabilidad de desperdicio de material en caso de que ocurran incidentes.
- Realizar cortes periódicos con su respectiva conciliación con el contratista y registrar el acuerdo mutuo.
- Considerar los residuos en obra para su retiro con una empresa autorizada según la normatividad vigente, en su caso, solicitar los certificados de retiro.
- Conciliar los materiales en el cierre de contrato con el fin de aplicar adicionales o reducciones por cualquier motivo.

## 5 CONCLUSIONES

El desarrollo inmobiliario es una actividad económica que materializa proyectos inmobiliarios sin contar necesariamente con maquinaria pesada o personal de obra. Es una actividad en la que la materia prima es el dinero, el cual se debe aprovechar de la manera más eficiente posible para obtener los recursos intelectuales, técnicos, materiales y productivos que ayudarán a materializar los proyectos.

En el caso de estudio se ejemplificaron todas las deficiencias a las que se puede estar expuesto a la hora de absorber el suministro de material a los contratistas. Al realizarse de esta manera en el proyecto documentado, se logró un primer ahorro reflejado al no aplicársele el factor de sobre costo, además de que en ciertos periodos se consiguió un precio muy bajo comparado con el que ofrecían los contratistas, aproximadamente 20% menos.

Existió una gran cantidad de factores que poco a poco fueron mermando el ahorro principal, sin embargo, estos factores pudieron ser evitados, de los más importantes fue la mala planeación del flujo de efectivo que obligó a comprar gran cantidad de acero cuando su precio rondaba el máximo o, la falta de un convenio con una concretera que surtía sin un riguroso control, tanto del suministro como del precio facturado.

Las acciones y decisiones del equipo de la desarrolladora al suministrar el material ocasionaron importantes retrasos y costos no considerados que se compensaron con el ahorro que se había logrado, y es importante mostrar que para cada una de ellas existía una solución que optimizara el suministro y lograr mayores ahorros. Afortunadamente la calidad nunca se dejó de lado y, aunque costara más, se procuró aprovechar el material y construir con los mayores estándares de calidad.

Como se mencionó anteriormente, el primer ahorro notable sucede cuando se eliminan los conceptos de dichos materiales del presupuesto de cada contratista, donde generalmente están afectados por un factor de sobre costo que ronda entre el 20% y el 35% por indirectos, utilidad, manejo, impuestos, etc.

La administración que debe realizar la desarrolladora parte desde el desarrollo de diseño del proyecto, donde se deben de optimizar las especificaciones y se debe elaborar un proyecto ejecutivo eficiente que tiene que entregarse en tiempo. Posteriormente la labor se basa en la integración de las áreas involucradas hasta el término de la construcción.

El trabajo en equipo entre el Gerente de Proyecto, la supervisión, las áreas de Procuración, Construcción, Proyectos y Finanzas, los proveedores y los contratistas es crucial para la administración, no sólo de los suministros, sino del proyecto en general (Figura 16). La falta de comunicación entre estas áreas desencadena situaciones que provocan pérdidas económicas, retrasos, mala logística, errores, desperdicios y tensión en las relaciones entre ellos, afectando directamente al desarrollo del proyecto.

La comunicación entre los involucrados implica también conocer la función específica y los procedimientos de cada uno para entender mejor la organización. Es decir, la gente especializada en obra suele desconocer los procedimientos y los tiempos que requieren en la oficina central y viceversa, ya que las funciones que realiza cada uno puede llegar a ser subestimada y ocurren malentendidos que entorpecen el desarrollo del proyecto.

La buena administración de un proyecto puede llevarse mediante soluciones que pudieran parecer triviales y a la vez complicadas, sin embargo, pueden ser ambas. La clave es el hecho de cuidar cada mínimo detalle en todas y cada una de las necesidades y requerimientos de este, así como el registro y documentación de todo. Es muy común que se postergue la atención a ciertos detalles o que se registre la información hasta que haya una cantidad que "justifique" la prioridad para hacerlo, sin embargo, si se realiza de manera constante es más fácil identificar discrepancias y errores.

Algo de lo que depende mucho la administración es el criterio de los involucrados. Se debe mantener un pensamiento flexible enfocado a la solución de problemas debido a la naturaleza del desarrollo de proyectos. Si se cuenta con un pensamiento cerrado a posibilidades, el proyecto sufrirá todo tipo de afectaciones: monetarias, temporales, cualitativas e incluso de reputación que puede alterar el pronóstico de ventas. Ser flexible y adaptativo al proyecto permitirá fluidez, siempre y cuando no se pierda la línea de los

procesos y la ética, además de la comunicación transparente y directa entre todos los involucrados.

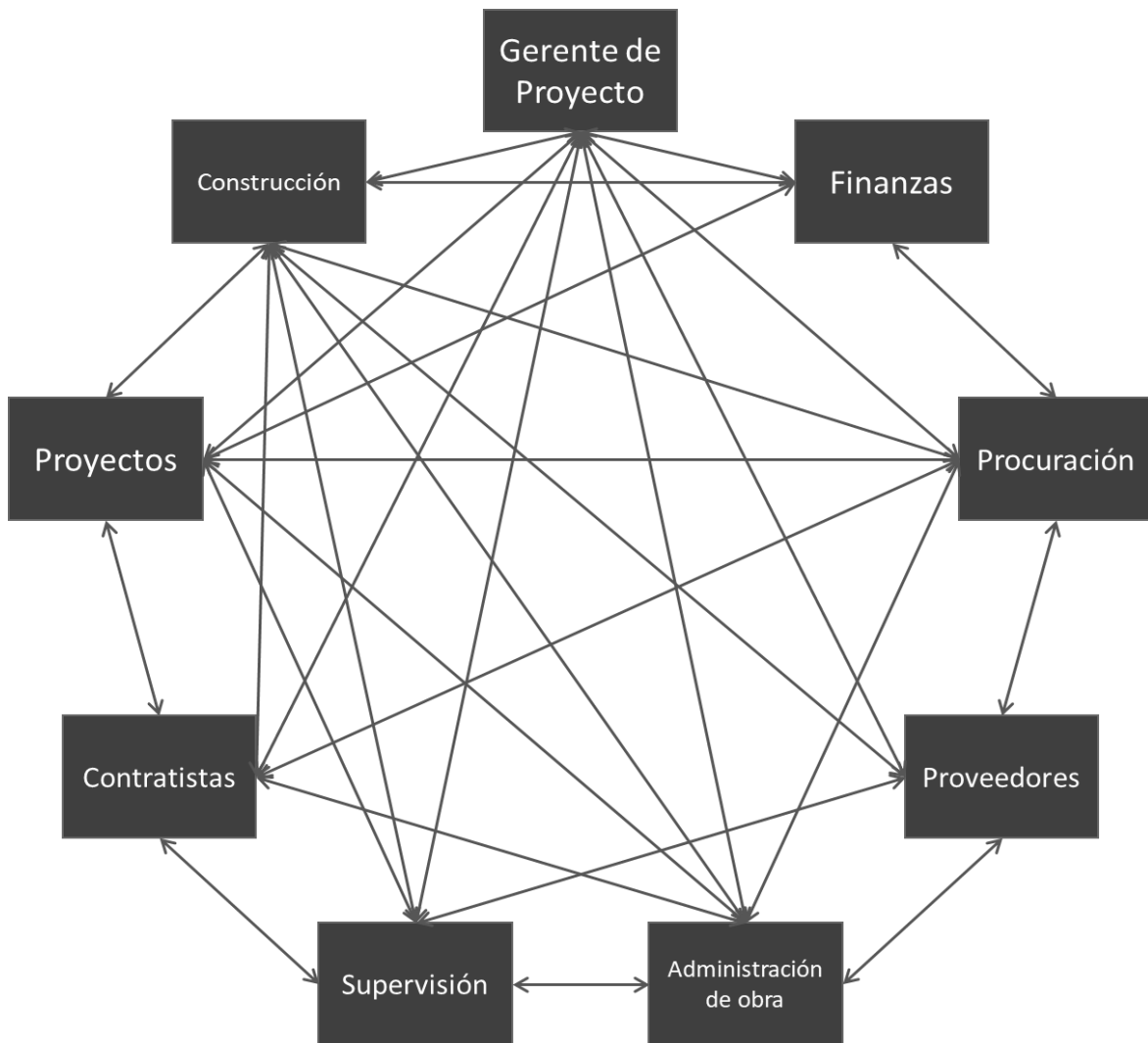


Figura 16 Interacción entre áreas involucradas en el proyecto

Es importante que, a medida que la empresa vaya creciendo, el personal se adapte a las responsabilidades que van surgiendo. Cuando la empresa es pequeña, poco personal puede tener diversas funciones, sin embargo, al expandirse, se van creando nuevos puestos por la carga de trabajo que tiende a aumentar y cada elemento debe tener bien definida su función. Si la empresa crece de manera desordenada, los procesos pueden llegar a ser insuficientes e ineficientes para soportar el ritmo de desarrollo. De igual manera, cuando la empresa se lo pueda permitir y lo necesite, se recomienda apoyarse en herramientas



informáticas que faciliten la materialización de los proyectos, desde el desarrollo mismo de cada proyecto hasta la administración de toda la empresa, de esta manera el crecimiento se hace más fácil hasta llegar a la consolidación de la desarrolladora inmobiliaria.

Todas y cada una de las sugerencias expuestas en este trabajo pueden ayudar a reducir el riesgo de sobrecostos según el proyecto que se esté ejecutando. Si se realizan negociaciones exitosas, supervisión rigurosa y análisis exhaustivos de la información es posible que la desarrolladora reduzca costos y aumente calidad en el proyecto si suministra los materiales -concreto y acero- a los contratistas. Incluso, si se opta por que el contratista proporcione el material, muchos de los puntos aquí plasmados pueden ayudar a tener un mejor control de materiales en casi cualquier proyecto.

### **5.1 Recomendaciones y Posibles Líneas de Trabajo**

Todas las empresas desarrolladoras son diferentes, unas tienen más alcances que otras, algunas toman más riesgos, otras tienen más capacidad, unas cuantas se especializan, unas son pequeñas, otras son muy grandes, pero tienen en común el desarrollo inmobiliario y que eventualmente requerirán realizar trabajos de cualquier tipo en sus desarrollos.

La clave para que estos trabajos se reflejen en el desarrollo como una plusvalía y rentabilidad es hacerlos de manera eficiente y con la menor pérdida posible, lo cual se puede lograr con una buena administración por parte de todos los involucrados, por lo que es recomendable utilizar siempre alguna de las metodologías existentes que mejor se adapten a cada tipo de empresa. Al aplicar cualquier método se pueden tener resultados medibles y comparables a lo largo de la historia de la desarrolladora para poder mejorar los aspectos que tengan áreas de oportunidad.

En este trabajo se expusieron diversos factores que impactan de manera considerable en el costo de la construcción de un desarrollo, sin embargo, se puede enriquecer este análisis preventivo al analizar y profundizar en los siguientes temas:

- **Suministro de otros materiales:** Además de concreto y acero, analizar la posibilidad de suministrar otros materiales o equipos especiales según convenga,

por ejemplo, equipos como bombas, plantas de tratamiento, o bien, materiales para instalaciones hidrosanitarias o eléctricas, así como elementos para acabados.

- **Contratos:** Especificaciones que deberán ser incluidas en las cláusulas de cada contrato y la manera adecuada de cerrarlos, así como la resolución de controversias.
- **Negociación:** Puntos clave para lograr mejores condiciones con proveedores y contratistas, desde los puntos de vista del *Gerente de Proyecto* y del área de Procuración.
- **Administración de obra:** Factores necesarios para crear un vínculo robusto entre la administración central y los trabajos en obra, sobre todo, la manera de mejorar o eficientizar los canales de comunicación entre ellos.
- **Administración de riesgos en una desarrolladora:** Análisis exhaustivo que oriente la toma de decisiones para adquirir, compartir o delegar riesgos según convenga.
- **Procesos internos:** Análisis y definición de procesos administrativos inherentes a una desarrolladora inmobiliaria, a partir de su estructura y su capacidad, como pueden ser los mencionados en este trabajo, como contrataciones, compras, pagos, supervisión, etc.

# 6 ANEXOS

## Ejemplo de checklist de elemento

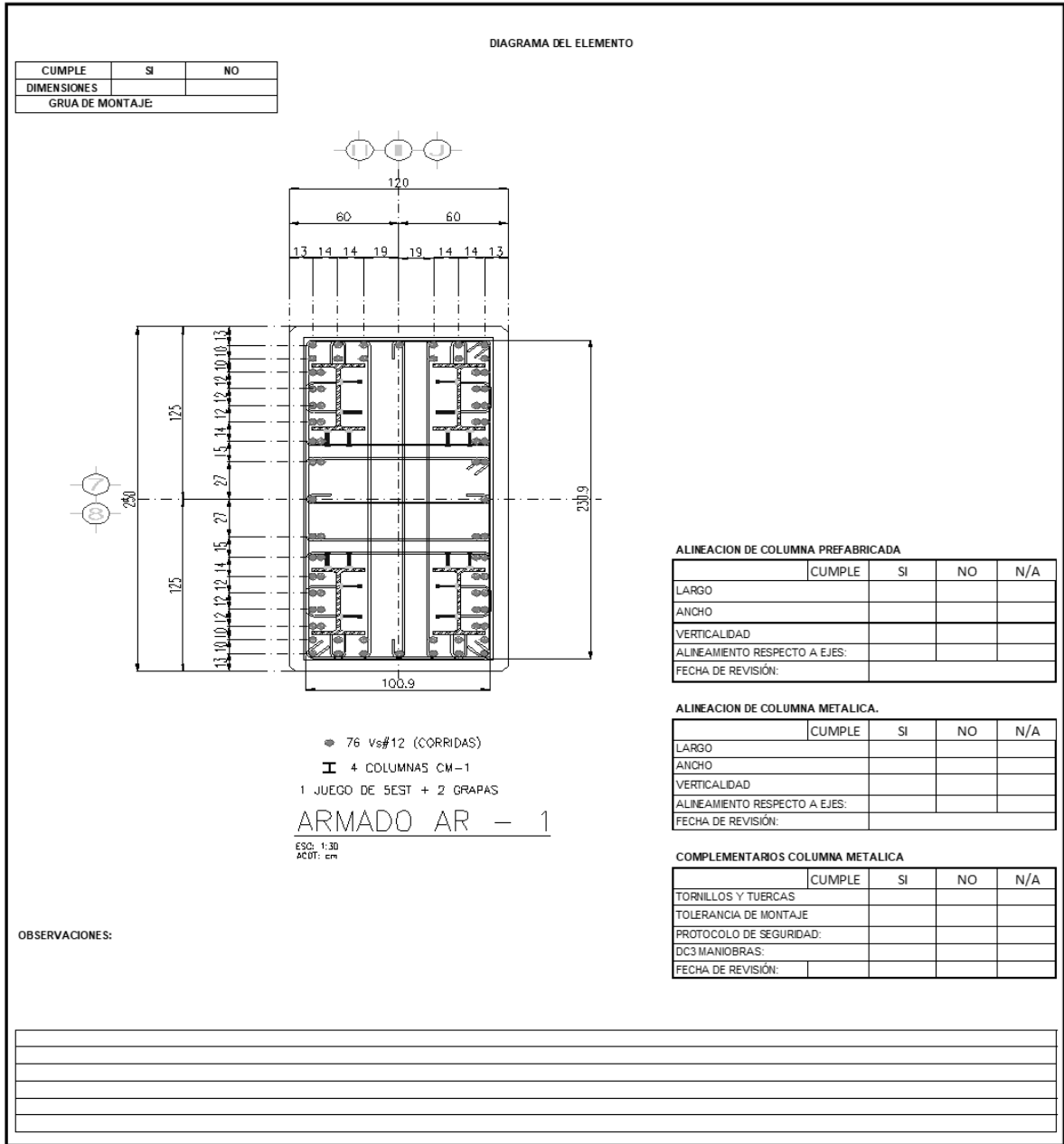
FECHA:

ELEMENTO:	COLUMNA	EJES:
FOLIO:		CODIGO DE PEZA:
OBRA:		PLANO Y/O BOLETIN:

GRUPO UTILIZADA: 1     2     3	PROTOCOLO DE SEGURIDAD SI     NO																																																																					
<b>CALIDAD:</b> <table border="1"> <tr> <th></th> <th>PLANTA</th> <th>OBRA</th> </tr> <tr> <td>ACABADO:</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>FISURAS:</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>DESBOQUILLADO:</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		PLANTA	OBRA	ACABADO:			FISURAS:			DESBOQUILLADO:			<b>COLADO</b>  SUMINISTRO: _____ INSPECCION: _____ CONCRETO f'c: _____ AGREG. MAX.: _____ FECHA: _____ ADITIVO: _____ VOLUMEN: _____ RE/VINIMIENTO: _____ PROY.: _____ REAL: _____ C/ADITIVO: _____ S/ADITIVO: _____																																																									
	PLANTA	OBRA																																																																				
ACABADO:																																																																						
FISURAS:																																																																						
DESBOQUILLADO:																																																																						
<b>NIVEL</b> NOMECLATURA:     PROYECTO     REAL N.D.     _____     _____ N.T.C.     _____     _____ N.D. NIVEL DE DESPLANTE DEL ELEMENTO N.T.C. NIVEL DE TOPE DE COLADO DEL ELEMENTO	<b>7.1 CONTROL DE COLADO</b> <table border="1"> <tr> <th>UNIDAD No.</th> <th>REVENIMIENTO cm</th> <th>VOL. m<sup>3</sup></th> <th>SALDA PLANTA</th> <th>LLEGADA OBRA</th> </tr> <tr><td> </td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td> </td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td> </td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td> </td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td> </td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td> </td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td> </td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>			UNIDAD No.	REVENIMIENTO cm	VOL. m <sup>3</sup>	SALDA PLANTA	LLEGADA OBRA																																																														
UNIDAD No.	REVENIMIENTO cm	VOL. m <sup>3</sup>	SALDA PLANTA	LLEGADA OBRA																																																																		
<b>ACERO DE REFUERZO ARMADO</b> <table border="1"> <tr> <th>No.</th> <th>CANTIDAD</th> <th colspan="3">CUMPLE ARMADO</th> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td>SI</td> <td>NO</td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td>SI</td> <td>NO</td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td></td> <td>SI</td> <td>NO</td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td></td> <td>SI</td> <td>NO</td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td></td> <td>SI</td> <td>NO</td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td></td> <td>SI</td> <td>NO</td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td></td> <td>SI</td> <td>NO</td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td></td> <td>SI</td> <td>NO</td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td>12</td> <td></td> <td>SI</td> <td>NO</td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td>TOTAL</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> FECHA DE REVISIÓN: _____	No.	CANTIDAD	CUMPLE ARMADO			3		SI	NO	N/A	4		SI	NO	N/A	5		SI	NO	N/A	6		SI	NO	N/A	7		SI	NO	N/A	8		SI	NO	N/A	9		SI	NO	N/A	10		SI	NO	N/A	12		SI	NO	N/A	TOTAL					<b>INSPECCION Y MUESTRA</b> <table border="1"> <tr> <th>No. DE REVISIÓN</th> <th>m<sup>3</sup></th> <th>No. DE CILINDROS</th> <th>TIPO DE CONCRETO</th> </tr> <tr><td> </td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td> </td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>			No. DE REVISIÓN	m <sup>3</sup>	No. DE CILINDROS	TIPO DE CONCRETO								
No.	CANTIDAD	CUMPLE ARMADO																																																																				
3		SI	NO	N/A																																																																		
4		SI	NO	N/A																																																																		
5		SI	NO	N/A																																																																		
6		SI	NO	N/A																																																																		
7		SI	NO	N/A																																																																		
8		SI	NO	N/A																																																																		
9		SI	NO	N/A																																																																		
10		SI	NO	N/A																																																																		
12		SI	NO	N/A																																																																		
TOTAL																																																																						
No. DE REVISIÓN	m <sup>3</sup>	No. DE CILINDROS	TIPO DE CONCRETO																																																																			
<b>COLOCACION DE ARMADO</b> <table border="1"> <tr> <th>No.</th> <th>CANTIDAD</th> <th colspan="3">CUMPLE ARMADO</th> </tr> <tr> <td>ARMADO TIPO</td> <td></td> <td>SI</td> <td>NO</td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td>VERTICALIDAD ACERO</td> <td></td> <td>SI</td> <td>NO</td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td>AMARRES</td> <td></td> <td>SI</td> <td>NO</td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td>SEPARADORES</td> <td></td> <td>SI</td> <td>NO</td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td>ATIEZADORES</td> <td></td> <td>SI</td> <td>NO</td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td>INSPECCION</td> <td></td> <td>SI</td> <td>NO</td> <td>N/A</td> </tr> </table> FECHA DE REVISIÓN: _____	No.	CANTIDAD	CUMPLE ARMADO			ARMADO TIPO		SI	NO	N/A	VERTICALIDAD ACERO		SI	NO	N/A	AMARRES		SI	NO	N/A	SEPARADORES		SI	NO	N/A	ATIEZADORES		SI	NO	N/A	INSPECCION		SI	NO	N/A	CROQUIS:    																																		
No.	CANTIDAD	CUMPLE ARMADO																																																																				
ARMADO TIPO		SI	NO	N/A																																																																		
VERTICALIDAD ACERO		SI	NO	N/A																																																																		
AMARRES		SI	NO	N/A																																																																		
SEPARADORES		SI	NO	N/A																																																																		
ATIEZADORES		SI	NO	N/A																																																																		
INSPECCION		SI	NO	N/A																																																																		
<b>OBSERVACIONES:</b> <table border="1"> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> </table>																																																																						

- |            |                      |                      |            |
|------------|----------------------|----------------------|------------|
| MONTAJE    | OBRA CIVIL           | TOPOGRAFIA           | OBRA CIVIL |
| MONTAJE    | OBRA CIVIL           | SEGURIDAD INDUSTRIAL | OBRA CIVIL |
| TOPOGRAFIA | SEGURIDAD INDUSTRIAL | PREFABRICADOS        | OBRA CIVIL |

ELEMENTO:		OBSERVACIONES:
FOLIO:		
OBRA:		PLANO:
UBICACIÓN:		REFERENCIA:
CORTE Y DETALLE		



ALINEACION DE COLUMNA PREFABRICADA

	CUMPLE	SI	NO	N/A
LARGO				
ANCHO				
VERTICALIDAD				
ALINEAMIENTO RESPECTO A EJES:				
FECHA DE REVISIÓN:				

ALINEACION DE COLUMNA METALICA.

	CUMPLE	SI	NO	N/A
LARGO				
ANCHO				
VERTICALIDAD				
ALINEAMIENTO RESPECTO A EJES:				
FECHA DE REVISIÓN:				

COMPLEMENTARIOS COLUMNA METALICA

	CUMPLE	SI	NO	N/A
TORNILLOS Y TUERCAS				
TOLERANCIA DE MONTAJE				
PROTOCOLO DE SEGURIDAD:				
DC3 MANIOBRAS:				
FECHA DE REVISIÓN:				

- |            |                      |                      |            |
|------------|----------------------|----------------------|------------|
| MONTAJE    | OBRA CIVIL           | TOPOGRAFIA           | OBRA CIVIL |
| MONTAJE    | OBRA CIVIL           | SEGURIDAD INDUSTRIAL | OBRA CIVIL |
| TOPOGRAFIA | SEGURIDAD INDUSTRIAL | PREFABRICADOS        | OBRA CIVIL |

## BIBLIOGRAFÍA

- CEESCO. (Febrero de 2018). *Tendencia en los Precios de los Insumos para la Industria de la Construcción y su Incidencia sobre los Costos de Construcción*. Obtenido de Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción: <https://www.cmic.org.mx/cmhc/ceesco/2018/Incremento%20en%20los%20Precios%20de%20los%20Insumos%20a%20Febrero%20de%202018.pdf>
- Chamoun, Y. (2002). *Administración Profesional de Proyectos: La Guía*. México, D.F.: McGraw-Hill Interamericana.
- Chiesa, F. (2004). Metodología para selección de sistemas ERP. *Reportes Técnicos en Ingeniería de Software*, 6(1), 17-37.
- Congreso de la Unión. (28 de Julio de 2010). Reglamento de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las mismas. Obtenido de [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg\\_LOPSRM.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LOPSRM.pdf)
- Duiyong, C., Shidong, J., & Mingshan, S. (2014). Engineering construction project site logistics management. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 353-360.
- Fleming, Q. W., & Koppelman, J. M. (2000). *Earned Value Project Management* (Segunda ed.). Pennsylvania: Project Management Institute.
- FMI. (s.f.). *Primary Commodity Price System*. Recuperado el 25 de Marzo de 2019, de IMF Data Access to Macroeconomic & Financial Data: <https://data.imf.org/?sk=471DDDF8-D8A7-499A-81BA-5B332C01F8B9&sld=1547558078595>
- General Steel Buildings. (s.f.). *Today's Current Steel Price*. Recuperado el 28 de Marzo de 2019, de 2019 Steel Price Forecast: <https://gensteel.com/building-faqs/steel-building-prices/forecast>
- Hardin, B., & McCool, D. (2015). *BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows*. SYBEX.

- INEGI. (s.f.). *Construcción*. Recuperado el 27 de Febrero de 2019, de Actividades Económicas Secundarias: <http://cuentame.inegi.org.mx/economia/secundario/construccion/default.aspx?tema=E>
- Jackson, B. (2010). *Construction Management Jumpstart* (Segunda ed.). Indianapolis: Wiley Publishing, Inc.
- Ojeda, M. (07 de Julio de 2015). 5 puntos que explican la 'guerra' del acero. *El Financiero*. Obtenido de <https://www.elfinanciero.com.mx/economia/cinco-puntos-que-explican-la-crisis-del-acero>
- Potts, K. (2008). *Construction Cost Management: Learning from Case Studies*. United Kingdom: Taylor & Francis.
- Project Management Institute. (2014). *Guide to the Project Management Body of Knowledge*.
- Rhatigan. (2015). *Construction Logistics Plan. Project Tolworth*.
- Secretaría de Gobernación. (26 de Marzo de 2015). *Decreto por el que se otorgan medidas de apoyo a la vivienda y otras medidas fiscales*. Obtenido de Diario Oficial de la Federación: [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5386773&fecha=26/03/2015](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5386773&fecha=26/03/2015)
- Suárez Salazar, C. (2002). *Costo y Tiempo en Edificación*. Ciudad de México: Limusa Noriega Editores.
- Sutt, J., Lill, I., & Mürsepp, O. (2013). *The Engineer's Manual of Construction Site Planning*. Pondicherry, : Wiley Blackwell.
- United States Department of Labor. (s.f.). *Producer Price Index - Concrete and related products*. Recuperado el 18 de Marzo de 2019, de Bureau of Labor Statistics: [https://www.bls.gov/regions/mid-atlantic/data/producerpriceindexconcrete\\_us\\_table.htm](https://www.bls.gov/regions/mid-atlantic/data/producerpriceindexconcrete_us_table.htm)

Varela Alonso, L. (2014). *Costos de Construcción para Arquitectos e Ingenieros*. CDMX: Varela.

World Steel Association. (s.f.). *Crude steel production monthly*. Recuperado el 02 de Abril de 2019, de Steel Data Viewer: [https://www.worldsteel.org/internet-2017/steel-by-topic/statistics/steel-data-viewer/MCSP\\_crude\\_steel\\_monthly/CHN/IND](https://www.worldsteel.org/internet-2017/steel-by-topic/statistics/steel-data-viewer/MCSP_crude_steel_monthly/CHN/IND)