



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY

Universidad de la República

Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo

Maestría en Construcción de Obras de Arquitectura

TESIS DE MAESTRÍA

**Gerenciamiento de obras de arquitectura en el  
contexto uruguayo**

Adaptación de indicadores de desempeño  
en la gestión de costos y plazos

**LUIS ALBERTO VALDIVIESO NUÑEZ**

Montevideo, Uruguay  
Setiembre, 2020





UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY

## **Gerenciamiento de obras de arquitectura en el contexto uruguayo**

Adaptación de indicadores de desempeño en la gestión de costos y plazos

Autor: Luis Alberto Valdivieso Nuñez

Tesis de Maestría presentada al Programa de Posgrado Maestría en Construcción de Obras de Arquitectura, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de la República, como parte de los requisitos necesarios para la obtención del título de Magíster.

Tutor: Arq. Patricia Flores Peluffo

**Montevideo, Uruguay  
Setiembre, 2020**

Valdivieso Nuñez, Luis Alberto

Gerenciamiento de obras de arquitectura en el contexto uruguayo.

Adaptación de indicadores de desempeño en la gestión de costos y plazos. /

Luis Alberto Valdivieso Nuñez. Montevideo, Universidad de la República,  
Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, 2020.

122.; 29,7 cm.

Tutor: Arq. Patricia Flores Peluffo

Tesis de Maestría – Universidad de la República, Maestría en  
Construcción de Obras de Arquitectura, 2020.

Referencias bibliográficas p. 96 –103.

1. gerenciamiento, 2. gestión, 3. indicadores de desempeño, 4. herramientas  
de gestión, 5. EVM, 6. factor P, 7. estructura de red, 8. riesgo, 9. flexibilidad.

I. Flores Peluffo, Patricia. II. Universidad de la República, Programa de  
Posgrado Maestría en Construcción de Obras de Arquitectura. III.

Gerenciamiento de obras de arquitectura en el contexto uruguayo.

Adaptación de indicadores de desempeño en la gestión de costos y plazos.

## INTEGRANTES DEL TRIBUNAL DE DEFENSA DE TESIS

---

Mag. Arq. Andrea Camaño

---

Mag. Arq. Virginia Casañas

---

Mag. Arq. Gustavo Traverso

**Montevideo, Uruguay**  
**Setiembre, 2020**

## RESUMEN

VALDIVIESO, Luis. **Gerenciamiento de obras de arquitectura en el contexto uruguayo. Adaptación de indicadores de desempeño en la gestión de costos y plazos.** 2020. Tesis (Maestría en Construcción de Obras de Arquitectura). Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo (FADU), Universidad de la República (UdelaR), Montevideo, Uruguay.

Este trabajo profundizó en el estudio de una metodología bajo lineamientos del gerenciamiento de proyectos de obras de arquitectura, formulados a partir del análisis de los avances de costos y plazos, en Uruguay.

La presente tesis de Maestría propuso la aplicación de herramientas de gerenciamiento tradicional integradas al Método del Valor Ganado (EVM), en conjunto con indicadores de desempeño, como son el riesgo, la flexibilidad, la estructura de red y el factor P, con el objetivo de contribuir a mejorar la gestión de los procesos de obra proporcionando eficacia a las actividades de ejecución de los proyectos.

El EVM ha sido empleado como herramienta de gestión en procesos de producción a nivel mundial, pero no hay registros de que haya sido utilizado en proyectos de arquitectura a nivel local. Por esta razón, la novedad del trabajo radicó en la integración de indicadores que permitieron un riguroso análisis donde fueron advertidos conflictos referentes a costos y tiempos, para luego proponer acciones correctivas a estos desvíos, es decir reacciones de contingencia.

Conjuntamente, para el caso de estudio analizado, fueron utilizadas herramientas de gestión visual concretas como respuesta a los resultados desprendidos de los nuevos indicadores, los que fueron representados de manera práctica para su fácil mapeo y visualización.

Los resultados del trabajo obtenidos demostraron que la profundización del análisis cruzado e integrado de indicadores de diferentes tipos hubieran sido de gran utilidad para la toma de decisiones correctivas en momentos convenientes de los procesos de obra.

**Palabras claves:** gerenciamiento, gestión, indicadores de desempeño, herramientas de gestión, EVM, factor P, estructura de red, riesgo, flexibilidad.

# INDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1 CONTEXTO DEL GERENCIAMIENTO EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN EN URUGUAY .....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN .....	4
1.3 OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN.....	6
1.3.1 PREGUNTA.....	6
1.3.2 OBJETIVO GENERAL .....	6
1.3.3 OBJETIVO ESPECÍFICO.....	6
1.4 ALCANCE Y LIMITACIONES.....	7
1.5 RESUMEN DEL MÉTODO DE INVESTIGACIÓN .....	8
1.6 ESTRUCTURA DEL TRABAJO .....	9
<b>2. GERENCIAMIENTO DE PROYECTOS Y OBRAS DE ARQUITECTURA.....</b>	<b>10</b>
2.1 MODELOS DE GERENCIAMIENTO COMO SISTEMAS DE PRODUCCIÓN .....	11
2.1.1 FORDISMO .....	11
2.1.2 TAYLORISMO .....	12
2.1.3 SISTEMA SOCIO TÉCNICO.....	12
2.1.4 SISTEMA TOYOTA DE PRODUCCIÓN.....	13
2.1.5 BENCHMARKING .....	14
2.1.6 PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO Y PROCESO ANALÍTICO DE REDES .....	14
2.1.7 KEY PERFORMANCE INDICATOR.....	15
2.2 EARNED VALUE METHOD (EVM) o MÉTODO DEL VALOR GANADO .....	15
<b>3. EVALUACIÓN DE INDICADORES DE DESEMPEÑO EN EL GERENCIAMIENTO DE OBRAS .....</b>	<b>28</b>
3.1 INDICADORES y MEDICIÓN DE DESEMPEÑO .....	28
3.1.1 SISTEMA SMART (STRATEGIC MEASUREMENT AND REPORTING TECHNIQUE) O PIRÁMIDE DE DESEMPEÑO.....	32
3.1.2 SISTEMA BSC (Balanced Scorecard) o CMI (Cuadro de Mando Integral).....	33
3.1.3 MODELO QUANTUM DE MEDICIÓN DE DESEMPEÑO .....	34
3.2 HERRAMIENTAS DE GESTIÓN EN EL MARCO CONCEPTUAL .....	36
3.2.1 COSTOS .....	37
3.2.2 CONTRATO .....	39

3.2.3 SEGUROS .....	42
3.2.4 FORMA DE PAGO DE LA OBRA.....	46
3.2.5 CRONOGRAMA.....	47
3.2.6 REUNIONES DE OBRA.....	49
<b>4. METODOLOGÍA .....</b>	<b>51</b>
4.1 CONSIDERACIONES GENERALES.....	51
4.2 ESTRATEGIA DE LA INVESTIGACIÓN .....	52
4.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	54
4.4 DESCRIPCIÓN DE LAS TAREAS DE INVESTIGACIÓN .....	55
4.4.1 DIAGNÓSTICO .....	56
4.4.2 ANÁLISIS DE INDICADORES .....	56
4.4.3 IMPLEMENTACIÓN .....	57
4.4.4 VALIDACIÓN.....	58
<b>5. ESTUDIO DE CASO, PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE DATOS .....</b>	<b>60</b>
5.1 DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO DE CASO.....	61
5.2 IMPLEMENTACIÓN - RECOLECCIÓN Y PRESENTACIÓN DE DATOS.....	69
5.3 ANÁLISIS - DISCUSIÓN DE DATOS.....	90
<b>6. CONCLUSIONES Y FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>93</b>
6.1 CONCLUSIONES .....	93
6.2 SUGERENCIAS PARA FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN .....	95
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>96</b>
<b>ANEXO I - CONTRATO DE CONFIDENCIALIDAD .....</b>	<b>104</b>
<b>ANEXO II - OBSERVACIÓN DIRECTA.....</b>	<b>105</b>
<b>ANEXO III - MINUTA DE REUNIÓN .....</b>	<b>106</b>
<b>ANEXO IV - INFORME MENSUAL .....</b>	<b>108</b>
<b>ANEXO V - TABLA DE AVANCE ACUMULADO MENSUAL PLANIFICADO Y REALIZADO: CONTRATISTA PRINCIPAL .....</b>	<b>119</b>
<b>ANEXO VI - TABLA DE AVANCE ACUMULADO MENSUAL PLANIFICADO Y REALIZADO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA .....</b>	<b>120</b>
<b>ANEXO VII - TABLA DE AVANCE ACUMULADO MENSUAL PLANIFICADO Y REALIZADO: INSTALACIÓN TERMOMECAÁNICA .....</b>	<b>121</b>
<b>ANEXO VIII - TABLA DE AVANCE ACUMULADO MENSUAL PLANIFICADO Y REALIZADO: INSTALACIÓN DE INCENDIO .....</b>	<b>122</b>



## LISTA DE TABLAS

Tabla 4.1 - Validación de la investigación. (Elaboración Propia).....	59
Tabla 5.1 - Incidencia de los contratos. (Elaboración Propia). ....	63
Tabla 5.2 - Resumen de descripción del contexto empleados en la obra del caso de estudio. (Elaboración Propia).....	64
Tabla 5.3 - Avance mensual vs. avance planificado general (contratista principal, eléctrica, incendio y termo-mecánica). (Elaboración Propia). ....	65
Tabla 5.4 - Avance mensual vs. Avance planificado de eléctrica. (Elaboración propia).....	67
Tabla 5.5 - Avance mensual vs. Avance planificado de termomecánica. (Elaboración propia).....	68
Tabla 5.6 – Costo planificado y real de albañilería, estructura, sanitaria y ascensores. (Elaboración propia). ....	70
Tabla 5.7 – Costo planificado, valor ganado y valor real de albañilería, estructura, sanitaria y ascensores. (Elaboración propia).....	70
Tabla 5.9 – Plan de trabajos estimado de albañilería, estructura, sanitaria y ascensores para la obra de estudio. (Elaboración propia). ....	76
Tabla 5.10 – Plan de trabajos estimado al mes 10 de albañilería, estructura, sanitaria y ascensores para la obra de estudio. (Elaboración propia). ....	76
Tabla 5.11 – Plan de trabajos real al mes 10 de albañilería, estructura, sanitaria y ascensores para la obra de estudio. (Elaboración propia). ....	76
Tabla 5.12 – Plan de trabajos incorporando el factor P en el mes 10 de albañilería, estructura, sanitaria y ascensores para la obra de estudio. (Elaboración propia).....	77
Tabla 5.13 – Información sobre controles de riesgo para la obra en estudio. (Elaboración Propia). ....	79
Tabla 5.14 – Plan de trabajos real de albañilería, estructura, sanitaria y ascensores para la obra de estudio con tareas con avance adelantado para cubrir el riesgo del mes 9. (Elaboración propia). ....	80
Tabla 5.15 – Costo planificado, valor ganado y valor real de eléctrica. (Elaboración propia). ....	81
Tabla 5.16 – Costo planificado, valor ganado y valor real de incendio. (Elaboración propia).....	83
Tabla 5.17 – Valores de SV, CV, SPI y CPI para incendio.(Elaboración propia). ....	85
Tabla 5.18 – Plan de trabajos estimado de incendio para la obra de estudio. (Elaboración propia). ....	87
Tabla 5.19 – Plan de trabajos estimado al mes 13 de incendio para la obra de estudio. (Elaboración propia). ....	87
Tabla 5.20 – Plan de trabajos real al mes 13 de incendio para la obra de estudio. (Elaboración propia). ....	87

Tabla 5.21 - Plan de trabajos incorporando el factor P en el mes 13 de incendio para la obra de estudio. (Elaboración propia).....	88
Tabla 5.22 – Plan de trabajos con flexibilidad de incendio para la obra de estudio. (Elaboración propia).	89
Tabla 5.23 - Esquema de Eficiencia en el Empleo de Herramientas para la obra en estudio. (Elaboración Propia).....	90
Tabla 5.24 - Simbología empleada en Tabla 5.23. (Elaboración Propia).	90
Tabla 5.25 - Eficacia de los indicadores de desempeño para los contratistas del caso de estudio. (Elaboración Propia).	91
Tabla 5.26 - Simbología empleada en Tabla 5.25. (Elaboración Propia).	92

## LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 2.1 - Evolución de las variables acumuladas en función del tiempo. (Pajares; Lopez, 2007). ....	17
Gráfica 2.2 - Programación Ganada (ES) y varianza en programación SV (t). (Pajares; Lopez, 2007). .	18
Gráfica 2.3 - Adherencia EV al cronograma y Factor P. (Lipke, 2009). .....	23
Gráfica 2.4 - Programación Ganada (ES) - Puente EVM y Programación Planificado. (Lipke, 2004). ....	24
Gráfica 2.5 - Programación Ganada (ES) - Puente entre EVM y Programación Actual. (Lipke, 2004). ...	24
Gráfica 2.6 - Costo vs tiempo - EVM. ....	26
Gráfica 2.7 - Distribución probabilística. Simulación “j” - Costo vs tiempo. ....	27
Gráfica 5.1 - Avance mensual vs. Avance planificado general (contratista principal, eléctrica, incendio y termomecánica). (Elaboración propia).....	66
Gráfica 5.2 - Avance mensual vs. Avance planificado de eléctrica. (Elaboración propia). ....	67
Gráfica 5.3 - Avance mensual vs. Avance planificado de termomecánica. (Elaboración propia). .....	68
Gráfica 5.4 - EVM - Costo vs tiempo de albañilería, estructura, sanitaria y ascensores. (Elaboración propia).....	71
Gráfica 5.5 - Valores SPI y CPI para albañilería, estructura, sanitaria y ascensores. (Elaboración propia).....	72
Gráfica 5.6 - Gráfica EVM - Costo vs. tiempo, indicando mes 8 para albañilería, estructura, sanitaria y ascensores. (Elaboración propia). ....	73
Gráfica 5.7 - Programación Ganada para Mes 10 para albañilería, estructura, sanitaria y ascensores. (Elaboración propia). ....	74
Gráfica 5.8 - Gráfica EVM - Costo vs tiempo para eléctrica. (Elaboración propia). ....	82
Gráfica 5.9 - Gráfica EVM - Costo vs tiempo para incendio. (Elaboración propia). ....	84
Gráfica 5.10 - Valores SPI y CPI para incendio.(Elaboración propia). ....	85
Gráfica 5.11 - Programación Ganada para Mes 13 - Incendio. (Elaboración propia).....	86

## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - Modelo de Sistema de Medición adaptado de Sink y Tuttle (1993). .....	29
Figura 3.2 - Modelo de pirámide de desempeño adaptado de Lynch; Cross (1995). (Pedrozo Navarro 2005). .....	32
Figura 3.3 - Cuatro perspectivas del Balanced Scorecard. (Kaplan; Norton, 1997). .....	33
Figura 3.4 - Modelo Quantum de medición de desempeño. (Hronec, 1994). .....	36
Figura 4.1 - Tareas a desarrollar en la tesis de investigación. (Elaboración propia). .....	54
Figura 4.2 - Diseño de la investigación. (Elaboración propia). .....	54
Figura 4.3 - Análisis de la investigación. (Elaboración propia). .....	57
Figura 5.1 - Organigrama de la obra de estudio. (Elaboración Propia). .....	61
Figura 5.2 - Programación Ganada para Mes 10. (Elaboración propia). .....	74
Figura 5.3 – Resultado de evaluación de la matriz de riesgo para albañilería, estructura, sanitaria y ascensores de la obra en estudio. (Elaboración: plataforma digital <a href="http://www.itmplatform.com/es/recursos/matriz-de-evaluacion-de-riesgos/">http://www.itmplatform.com/es/recursos/matriz-de-evaluacion-de-riesgos/</a> ). .....	78
Figura 5.4 – Resultado porcentaje de la matriz de riesgo para la obra en estudio. (Elaboración: plataforma digital <a href="http://www.itmplatform.com/es/recursos/matriz-de-evaluacion-de-riesgos/">http://www.itmplatform.com/es/recursos/matriz-de-evaluacion-de-riesgos/</a> ). .....	78
Figura 5.5 – Resultado de evaluación de la matriz de riesgo para eléctrica de la obra en estudio. (Elaboración: plataforma digital <a href="http://www.itmplatform.com/es/recursos/matriz-de-evaluacion-de-riesgos/">http://www.itmplatform.com/es/recursos/matriz-de-evaluacion-de-riesgos/</a> ). .....	82
Figura 5.6 – Resultado porcentaje de la matriz de riesgo para el mayor impacto y probabilidad para eléctrica para la obra en estudio. (Elaboración: plataforma digital <a href="http://www.itmplatform.com/es/recursos/matriz-de-evaluacion-de-riesgos/">http://www.itmplatform.com/es/recursos/matriz-de-evaluacion-de-riesgos/</a> ). .....	83
Figura 5.7 – Resultado de evaluación de la matriz de riesgo para incendio de la obra en estudio. (Elaboración: plataforma digital <a href="http://www.itmplatform.com/es/recursos/matriz-de-evaluacion-de-riesgos/">http://www.itmplatform.com/es/recursos/matriz-de-evaluacion-de-riesgos/</a> ). .....	88
Figura 5.8 – Resultado porcentaje de la matriz de riesgo para el mayor impacto y probabilidad para incendio de la obra en estudio. (Elaboración: plataforma digital <a href="http://www.itmplatform.com/es/recursos/matriz-de-evaluacion-de-riesgos/">http://www.itmplatform.com/es/recursos/matriz-de-evaluacion-de-riesgos/</a> ). .....	89

## LISTA DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

ABC	Costes Basado en las Actividades, del inglés Activity Based Costing
AC	Costo Real, del inglés Actual Cost
ACMS	Asistencia en calidad, medio ambiente y servicios.
AHP	Analytic Hierarchy Process
ANP	Analytic Network Process
APQC	American productivity & quality center
ASAP	As Soon As Possible, traducido al español como tan pronto como sea posible
AVG	Análisis de Valor Ganado
AT	Tiempo Actual, del inglés Actual Time
BAC	Presupuesto total del proyecto, del inglés Budget at Completion
BSE	Banco de Seguros del Estado
BSC	Balanced Scorecard o CMI Cuadro de Mando Integral
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CCTV	Circuito Cerrado de Televisión
CMI	Cuadro de Mando Integral o BSC Balanced Scorecard o
CPM	Critical Path Method
CPI	Índice de Eficiencia en Costes, del inglés Cost Performance Index
CV	Varianza en Costes, del inglés Cost Variance
DFX	Diseño por factores
EMD	Errores y Omisiones de Diseño
EPC	Contrato único, del inglés Engineering, Procurement and Construction
ES	Earned Schedule, o en español Programación Ganada (PG)
EV	Valor Ganado, del inglés Earned Value
EVM	Método del Valor Ganado, del inglés Earned Value Method
FF&E	Muebles, Accesorios y Equipos, del inglés Furniture, Fixtures and Equipment
KPI	Key Performance Indicator o en español Indicador Clave de Desempeño
LEG	London Engineering Group
MP	Multas y Penalidades
MUDA	Desperdicio, despilfarro o gasto, traducido del japonés

PAR	Proceso Analítico de RedesPAJ    Proceso Analítico Jerárquico
PERT	Program Evaluation and Review Technique
PDP	Proceso de desarrollo de producto
PMI	Project Management Institute
PG	Programación Ganada, del inglés Earned Schedule (ES)
POMLP	Plan de Obras de Mediano y Largo Plazo
PV	Valor Planeado o Planificado, del inglés Planned Value
RCA	Responsabilidad Civil Automotriz
RCR	Responsabilidad Civil por Ruina
RCG	Responsabilidad Civil General
RT	Riesgo de Trabajo
RV	Riesgo de Vida
SMART	Técnica Estratégica de Información y Reporte, del inglés, Strategic Measurement and Reporting Technique
SPI	Índice de Eficiencia Programación, del inglés Schedule Performance Index
SSPI	Sistema socio técnico de producción e innovación
STP	Sistema Toyota de Producción
SV	Varianza en Programación, del inglés Schedule Variance
TE	Transporte de Equipos
TRC	Seguros Todo Riesgo de Construcción
TRCM	Seguros Todo Riesgo de Montaje
TRO	Todo Riesgo Operativo
UdelaR	Universidad de la República
UYU	Pesos Uruguayos

# 1. INTRODUCCIÓN

---

## 1.1 CONTEXTO DEL GERENCIAMIENTO EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN EN URUGUAY

La industria de la construcción es una actividad que involucra una gran cantidad de variables, desarrollándose en un entorno particularmente dinámico y cambiante, por esta razón el gerenciamiento de obras es un trabajo complejo, de acuerdo con MATTOS (2010).

Para la ejecución de un proyecto de construcción, conforme a RUDELI (2019), tradicionalmente se ha considerado que es necesario administrar tres áreas para tener éxito: la calidad, el coste y el tiempo, (Carcaño, et al., 2009).

Más aún, DUNCAN (2000) reconoce que el éxito de un proyecto depende igualmente de administrar eficazmente otras seis áreas: la integración del proyecto, el alcance del proyecto, los recursos humanos, las comunicaciones, el riesgo y la procuración.

FORMOSO (2001) define la planificación como un proceso gerencial, que comprende la elaboración de objetivos y la determinación de procedimientos necesarios para alcanzarlos, siendo efectivo cuando se realiza en conjunto con el control, expresando que las deficiencias en la planificación y control se encuentran entre las principales causas de la baja productividad en el sector de la construcción, con altas pérdidas y baja calidad de sus productos.

En virtud de ello, VARGAS (2018) enfatiza que la planificación es un proceso de toma de decisiones, que facilita la comprensión de los objetivos del proyecto y produce información que sirve como referencia básica para monitorear y controlar la ejecución de los proyectos de construcción (Laufer, 1990).

Los sistemas empleados tradicionalmente en la gestión de costos en proyectos de la construcción civil, según KERN (2005), poseen muchas deficiencias, entre las que se destaca la falta de información oportuna para ejercer la toma de decisiones en la gestión de la producción.

Según SAUER (2020) la deficiencia de los sistemas tradicionales de contabilidad de costos en la construcción civil ha provocado la separación entre el gerenciamiento de costos y otros

procesos de gestión, contribuyendo a aumentar la fragmentación entre las diferentes funciones en la gestión de proyectos. La obtención continua y rápida de datos actualizados, confiables e integrados es uno de los desafíos que enfrentan las empresas para orientar sus decisiones.

PMI (2017) define el ciclo de vida del proyecto como las distintas fases por las que atraviesa el mismo, desde su inicio hasta su conclusión.

Autores como PAJARES; LOPEZ (2007) indican que a lo largo del ciclo de vida de todo proyecto, es imprescindible implementar un sistema de monitoreo del plazo, coste y alcance en las etapas del desarrollo del producto. El objetivo de tal seguimiento es detectar cuanto antes las posibles discrepancias entre lo planificado y lo realmente ocurrido, con el fin de lograr soluciones a corto plazo, o replantear, en su caso, cambios en el alcance, coste total o entrega para concluir con el resultado esperado. Señalan que tradicionalmente, la gestión del plazo y de la programación han sido abordadas desde la investigación operativa, mientras que el coste se ha tratado desde el control presupuestario; las actividades finalizadas y los entregables terminados proporcionan una medida de la consecución del alcance.

PEDROZO (2005) indica que la construcción civil ha pasado por un proceso de cambios constantes buscando mejoras en sus principales procesos, este cambio ha sido estimulado, principalmente, por el creciente nivel de competencia, necesitando inversiones de las empresas en procesos productivos y gerenciales. La competitividad del mercado exige de las empresas cada vez más calidad del producto final. NELLY (1999) subraya que las organizaciones han invertido en calidad de servicio, flexibilidad, personalización e innovación, buscando la diferenciación ante los competidores.

Coincidiendo con estos autores, y del mismo modo que VARGAS (2018), se observó una serie de fallas en los sistemas tradicionales de planificación y control de los procesos, y es por este motivo que surge el interés en investigar la gestión desde un punto de vista actual promoviendo un cambio de paradigma.

En este sentido, actualmente existen modelos de gestión innovadores respecto a la visión tradicional, a modo de ejemplo el método de Earned Value Method, o en español Método del Valor Ganado (EVM) aplicado a la industria de la construcción local, identificando qué factores son los influyentes para lograr una mejora en la gestión de grandes proyectos de arquitectura.

Según GERENCIA Y NEGOCIOS EN HISPANOAMÉRICA (2015) en la primera mitad del siglo XX, los proyectos eran administrados con métodos y técnicas informales, basados en los gráficos Gantt – una representación gráfica del tiempo basada en barras, útil para controlar el trabajo y registrar el avance de tareas. En los años 50, se desarrollaron en Estados Unidos dos modelos matemáticos: Program Evaluation and Review Technique (PERT), que es una técnica para evaluar y revisar programas, desarrollado por la Marina y Critical Path Method (CPM),



método de ruta crítica, desarrollado por DuPont y Remington Rand, para manejar proyectos de mantenimiento de plantas. El PERT y el CPM son, hasta la fecha, la base metodológica utilizada por la mayoría de los gerentes de proyectos profesionales.

En 1969, se formó el Project Management Institute (PMI) o en español Instituto de Gerencia de Proyectos, bajo la premisa que cualquier proyecto, sin importar su naturaleza, utiliza las mismas bases metodológicas y herramientas.

PAJARES; LOPEZ (2007) mencionan que el EVM es una metodología simple y elegante que permite realizar una gestión de los costes y plazos de un Proyecto, proporcionando medidas acerca de la eficiencia en la ejecución de un Proyecto. Este método surge en 1989 en la marina de los Estados Unidos, luego es utilizado en Japón y Francia para las compras de suministros de obras, y más tarde fue adaptado para la ejecución de obras. Los autores mencionan que en el método, además de los costos y tiempos como factores claves para finalizar un proyecto y de acuerdo a previsiones iniciales (o para mejorarlas) enfatizan en la necesidad de desarrollar indicadores que incluyan el riesgo, la flexibilidad y la estructura de red para realizar un control adecuado de los proyectos y cumplir con el propósito inicial.

Llama la atención como el EVM, siendo un método presente en los desarrollos tecnológicos volcado hacia el proyecto con procesos complejos dilatados en el tiempo, no tenga prácticamente aplicación en el sector de la construcción. En países como EEUU este método es de obligatoria aplicación en proyectos para el gobierno. En España en el sector tecnológico, industrial y energético tiene una gran aplicación, pero en la construcción se ignoran este tipo de herramientas para el control de la ejecución se acuerdo a lo manifestado por MARIGIL (2013).

En este contexto aparece como una oportunidad la posibilidad de analizar diferentes métodos de gestión, integrando herramientas tradicionales al análisis con una visión contemporánea, centrándose en el estudio de la práctica del gerenciamiento tradicional con la utilización del método de EVM.

Según PAJARES; LOPEZ (2007) los indicadores del valor ganado deben complementarse con otros que tengan en cuenta la evolución del riesgo remanente, así como la evolución en la crucialidad y criticidad de las actividades más sensibles. Por tal motivo aconsejan que sería conveniente, diseñar nuevos indicadores que nos hablasen del equilibrio entre eficiencia esperada y riesgo.

En ese sentido, el autor se interesó en investigar éstos y otros sistemas de indicadores que complementen el método EVM y a partir de sus resultados establecer parámetros que sean de utilidad en la práctica profesional. Además incorporar la lógica Fuzzy o Difusa para cuantificar los hitos u operaciones relevantes donde no sea fácilmente legible el riesgo, teniendo en cuenta el capital humano que es indispensable en las obras de arquitectura.

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

En Uruguay son escasos los trabajos de investigación sobre gestión de obras de arquitectura, esto puede deberse a la carencia en la formación en gestión de la producción en la carrera de grado de arquitectura, y sumado tal vez a que hay muy pocos profesionales con experiencia y conocimiento, que demanden profundizar sobre esta materia. Por lo cual no es común que se utilicen métodos de análisis y planificación en todas las obras por igual, puesto que depende de su complejidad, escala, inversión, entre otros factores.

Sin embargo en el ámbito público uruguayo, el Plan de Obras de Mediano y Largo Plazo (POMLP) de la Universidad de la República (UdelaR) (2010) propuso acciones para la gestión de proyectos para los edificios universitarios, siendo utilizados, desde el momento, diferentes metodologías de gestión de proyectos que supone integrar y sistematizar los procesos de planificación, coordinación, dinamización, organización y administración de los recursos, de forma tal que un proyecto sea desarrollado completamente dentro de las restricciones de alcance, tiempo y costo planteados a su inicio, logrando la calidad esperada.

En este sentido aparece como una línea de investigación la posibilidad de incluir herramientas de gestión no empleadas frecuentemente en el gerenciamiento de obras de arquitectura en el contexto nacional, que aportan valor agregado para la toma de decisiones a partir del modelo tradicional de las gráficas de costo vs. tiempo.

En la planificación de los procesos de producción de la construcción de un proyecto de arquitectura es un factor clave contar con una gestión global del producto con una visión contemporánea, contrastando con la visión tradicional. En nuestro caso el producto final es el “edificio”, que debe ser contemplado con el propósito de satisfacer los requisitos y necesidades del cliente que demande el proyecto en su totalidad.

Las diferentes etapas del Proceso de Desarrollo de Producto (PDP) abarcan desde la viabilidad de proyecto del producto hasta la ejecución y puesta en marcha del producto final, pasando por la etapa de anteproyecto, proyecto ejecutivo, estudio de costos, licitaciones, contrataciones, dirección y administración de obra, certificaciones y funcionamiento.

La figura del gerenciador como equipo, se enfrenta a las variaciones del PDP cuando se comienzan a realizar las distintas etapas. Estas variaciones son el producto de las diferencias entre la realidad y lo planificado y que en esta investigación se denominaron como desvíos. A pesar de que en el monitoreo de los procesos intervienen técnicos capacitados y con experiencia, los factores de desvío se producen igualmente debido a que es muy complejo anticiparse, sin embargo es posible controlarlos y adaptarlos. Es el gerenciador quien tiene la finalidad de evitar que se generen serios problemas con consecuencias no deseadas.

De acuerdo a SAUER (2020) es importante la utilización de la curva S para la planificación en la gestión actual de costos, esta curva es una herramienta de control de proyectos que integra la planificación de producción y los costos (Kim; Ballard, 2001). Y según Heineck (1986), consiste en la integración del presupuesto con un plano de obra con el objetivo de expresar el desarrollo del consumo de recursos (mano de obra, materiales) para cada período de producción a lo largo del tiempo, en donde puede ser medido el avance de la obra.

Atendiendo al tema de investigación, cabe citar el concepto de prospectivo, de acuerdo a la definición del Diccionario de la lengua española: conjunto de análisis y estudios sobre las condiciones técnicas, científicas, económicas y sociales de la realidad futura con el fin de anticiparse a ello en el presente.

Con la citada definición y adaptándola al gerenciamiento de obras de arquitectura, es oportuno mencionar que la curva S planificada de avance de obra está basada en la programación de las tareas que se realizarán a futuro. De la misma manera, KERN (2005) sostiene que la curva de costo y tiempo representa el valor acumulado de los recursos desde el inicio hasta el final del proyecto, y su contribución en la planificación de la gestión de costos es cuando se realiza un control en tiempo real para que la información generada sea proactiva y de utilidad, basada en información actualizada constantemente.

Según COLOMBO (2016) el Project Manager actúa para brindar excelencia y rigor técnico a la materialización de los proyectos. La búsqueda de máxima eficiencia y calidad constructiva en todas las etapas de concreción del hecho arquitectónico, sumadas a la garantía de pleno cumplimiento de los plazos, costo y calidad, ha creado en los círculos de inversores y desarrolladores la necesidad de separar las tareas de proyecto, independizándolas de las correspondientes a dirección de obra y gerenciamiento, que tradicionalmente eran encomendadas al mismo profesional. Ultimamente, esta distinción de roles se ve marcada con la introducción de la modalidad de proyectos cerrados desarrollados en el exterior, que requieren la asistencia de estudios locales especializados en dirigir la materialización de los mismos. La coordinación de la obra, la elección de los sistemas de contratación más convenientes y un minucioso control de gestión para garantizar la calidad requerida, son las principales tareas que el Project Manager debe liderar.

DOMINGUEZ (2016) contextualiza históricamente a finales de los 80, en Buenos Aires, donde se veía que el concepto de gerenciamiento recién iniciado era un nicho interesante, en ese entonces los comitentes se habían profesionalizado y encaraban los proyectos, ya no como aventuras heroicas sino como negocios que deberían dar suficientes garantías de retorno a la inversión. Mientras que los comitentes se volvían mas sofisticados, la calidad de la documentación de proyecto disminuía, la dirección de obra no se interesaba ni en plazos, ni en costos, y los contratistas se hacían un festín aprovechando esta paradoja. Gerenciar es

responder con organización, inteligencia y sentido común a las demandas de inversores exigentes, reaccionando con empatía hacia quien pone en riesgo un capital, a la presión constante de los elementos esenciales que hacen a la concreción de un proyecto de construcción: calidad, plazo y costo. Gerenciar es, a fin de cuentas, administrar un conflicto entre un comitente que aspira obtener lo mejor posible al menor costo posible, y un constructor que quiere entregar lo menos posible al mayor precio, nada más que esto.

Para atender los intereses del inversor, es necesario elaborar herramientas de mapeo basadas en gráficas y modelos ya establecidos, que determinan un camino crítico, cierto y riguroso del estado de las distintas etapas, tanto previas como durante la ejecución de la obra.

### **1.3 OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.3.1 PREGUNTA**

La presente investigación se enmarcó en la siguiente pregunta:

¿Cómo identificar diferencias entre el avance previsto y el avance real en un proyecto de obra de arquitectura en el medio uruguayo?

A partir de esta interrogante, surgió una nueva pregunta que pretendió acotar el campo de análisis:

¿Cómo obtener señales de alerta tempranas de gestión del proceso en la etapa de producción de una obra de arquitectura en Uruguay, entre el costo y tiempo planificado y realizado para no aumentar el riesgo?

La respuesta se centró en la necesidad de fortalecer la actuación del gerenciamiento, a través de aplicar un sistema de indicadores de desempeño que reflejen la adaptabilidad a nuestro medio y que ayuden a mejorar la practica profesional.

#### **1.3.2 OBJETIVO GENERAL**

El objetivo general de esta investigación fue contribuir con el manejo de estrategias para gerenciar obras de arquitectura dentro del contexto uruguayo.

#### **1.3.3 OBJETIVO ESPECÍFICO**

Los objetivos específicos de esta investigación fueron:

- Analizar la eficiencia del método EVM con la incorporación del riesgo, la flexibilidad, la estructura de red y el factor P, debido a que éstos no han sido integrados en los métodos de análisis de estudio en el gerenciamiento de proyectos de obras de arquitectura.
- Profundizar en modelos gráficos que sean claros y de fácil mapeo y visualización, vinculados además con herramientas de gestión delineadas para cada obra, que contribuyan en la mejora de los proyectos a nivel nacional.

#### **1.4 ALCANCE Y LIMITACIONES**

El alcance del trabajo de investigación se limita a estudiar qué hubiese sucedido si se aplicaran algunos indicadores de desempeño para obtener alertas que colaboren a la toma de decisiones y para un aprendizaje colaborativo específicamente en obras de arquitectura.

Otra particularidad es que se trata del estudio de una sola obra, que a partir de la planificación, que se encuentra ajustada en tiempo y en costos, se realizó un cronograma inicial de inversión, previendo el gasto financiero mensual de avance cuya gráfica presenta curvaturas a lo largo del tiempo (curva S). Según las herramientas de gestión de costos y plazos en un abordaje tradicional durante el proceso de producción, el avance real de la obra no siempre acompaña la curva prevista, y en esta superposición surge el desvío, que puede ser negativo o positivo, es decir, que los costos y/o los plazos están por encima o por debajo de la curva planificada.

Partiendo de la base del método de comparación tradicional entre la curva de avance previsto con la curva de avance real (costo – tiempo) fue posible identificar de manera objetiva los conflictos o desvíos más pronunciados para analizar, resolver y revertir las diferencias, generalmente con impacto negativo, que gracias a la utilización de este método predictivo y el uso de los indicadores de desempeño, permitió estudiar los resultados de forma práctica y eficiente.

Se pretendió en esta investigación posicionarse con una visión actual de gestión; donde el rol del gerenciamiento de proyectos es aquella persona que desde el inicio del proyecto hasta el final de la ejecución de la obra, lleva adelante el compromiso de cuidar los intereses del inversor, que no siempre coinciden con el resto de los actores.

Las limitaciones del alcance de la presente investigación atendieron a:

- Las restricciones propias que se generan por ser parte del equipo de trabajo y por analizar un solo caso de estudio.

- No fue posible llevar a la práctica una verificación de las metodologías estudiadas en el caso de estudio debido a que la investigación se realizó posterior a la finalización de la obra de construcción.
- Se trató de un emprendimiento privado, por lo que el investigador como integrante del equipo de trabajo, firmó un compromiso de confidencialidad contractual con un importante grado de reserva, no pudiendo divulgar información concreta del proyecto, motivo por el cual no se incorporan en la investigación recaudos gráficos y escritos del proyecto de arquitectura. En el capítulo Anexos se incluyen los formatos generales de los informes, planilla, minutas de reunión y gráficas que fueron realizadas de forma mensual.
- Las fuentes de evidencia consistió en la observación directa de los documentos y de los controles visuales en la obra realizado de acuerdo a un protocolo de observación que se anexa su formato (ver Anexo II).
- La investigación se limitó a estudiar los contratos y subcontratos relativos a los procesos de desarrollo de la construcción de la obra (albañilería, estructura, sanitaria y ascensores, eléctrica, incendio y aire acondicionado), no considerando la información referente a los Furniture, Fixtures and Equipment o en español mobiliario, accesorios y equipamiento (FF&E).
- No fue posible una observación independiente de cada subcontrato, en virtud de que la documentación existente con la información de los subcontratos de la obra está agrupada en contratista principal (albañilería, estructura, sanitaria y ascensores), eléctrica, incendio, aire acondicionado y otros subcontratos de menor incidencia en el total de la obra que no se analizaron en la presente tesis.

## **1.5 RESUMEN DEL MÉTODO DE INVESTIGACIÓN**

La estrategia de la investigación es el estudio de caso (análisis de procesos de proyectos ya finalizados) desarrollado a través de las fuentes de evidencia basada en el análisis de archivo y de la observación directa.

El trabajo se divide en 4 etapas: Diagnóstico, Análisis de indicadores, Implementación y Validación.

La primera etapa de diagnóstico se trató de comprender el contexto y se definen los conceptos de la investigación, ahondando en el gerenciamiento de obras de arquitectura y en los indicadores de desempeño.

En el análisis de indicadores, se presentaron y se discutieron los datos obtenidos, desarrollando los indicadores existentes e incorporando el EVM.

En la etapa de implementación, la metodología propuesta encuadra en la aplicación de indicadores de desempeño y herramientas de gestión en los procesos de producción de una obra de arquitectura ya finalizada del medio local.

Por último la etapa de validación desarrolla el análisis de resultados y demarcar las conclusiones.

## **1.6 ESTRUCTURA DEL TRABAJO**

La presente investigación se estructuró en 6 capítulos:

En el capítulo 1 se ha desarrollado la contextualización, justificación, objetivos, resumen de la metodología, alcance, limitaciones y estructura de la investigación.

En los capítulos 2 y 3 se incluyó una revisión bibliográfica del gerenciamiento y de la evaluación de los indicadores de desempeño para obras de arquitectura.

En el cuarto capítulo se estudia el método de investigación desarrollando la estrategia y se describen las tareas de investigación.

En el quinto capítulo se presentaron los datos, análisis y resultados, desarrollando la descripción del caso de estudio, la implementación y su discusión.

En el capítulo 6 se presentan las conclusiones de la investigación y sugerencias para trabajos futuros.

## 2. GERENCIAMIENTO DE PROYECTOS Y OBRAS DE ARQUITECTURA

---

Para dar introducción a éste capítulo, se comenzó por definir qué es el gerenciamiento y cuál fue la definición mejor adaptada para la presente investigación.

Considerando la definición de PARODI (2001), el proyecto es una empresa planificada que consiste en un conjunto de actividades interrelacionadas y coordinadas; la razón de éste es alcanzar objetivos específicos dentro de los límites que imponen un presupuesto y un lapso de tiempo, previamente definidos.

Para PMI (2000) la gestión de proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades propuestas, para satisfacer los requisitos que demanda el proyecto. HEREDIA (1995) hace referencia al término gestión de proyectos como la combinación de recursos humanos y no humanos reunidos en una organización temporal para conseguir un propósito determinado. Por otra parte, VIGIL (2001) conceptualiza la gestión de proyectos como la concreción de objetivos visualizados de cara al futuro para resolver situaciones problemáticas que enfrentan los entornos de desempeño, con el fin de dar un salto cuantitativo y cualitativo.

En la presente investigación se consideró la definición de gerencia de proyectos del PMI (2000), como la disciplina de organizar y administrar todos los recursos que implican ejecutar una serie de actividades, que consumen tiempo, dinero, personas, materiales, energía, comunicación, etc., de forma tal que un proyecto sea terminado dentro de la restricción de alcance, tiempo y coste planteados en su inicio.

Dada la naturaleza única de un proyecto de arquitectura en el contexto nacional, en contraste con los procesos u operaciones de una organización, administrar un proyecto requiere de una filosofía distinta, así como de habilidades y competencias específicas para lograr los objetivos predefinidos.



## **2.1 MODELOS DE GERENCIAMIENTO COMO SISTEMAS DE PRODUCCIÓN**

Se han considerado las definiciones de sistemas de producción de diversos autores, que al ser entendidas y analizadas, fueron la base para desarrollar la investigación.

MONKS (1991) definió los sistemas de producción como la actividad mediante la cual los recursos, fluyendo dentro de un sistema determinado, son combinados y transformados para agregarles valor en concordancia con los objetivos de la organización.

CHASE, JACOBS, AQUILANO (2007) expresaron que la administración de operaciones es el proceso de control de utilización de recursos para la generación de bienes o servicios acorde con los objetivos de la organización generadora.

MATTOS (2010) dice que el gerenciamiento de proyectos está compuesto por un grupo de procesos, donde la planificación es la principal característica y que comprende la presupuestación, las compras, la gestión, etc. La planificación es fundamental en las empresas ya que de sus resultados se desprende la información necesaria para el emprendimiento, como son el plazo, el costo, la ganancia, el retorno sobre la inversión y el flujo de caja, además de facilitar al técnico actuar a tiempo en situaciones desfavorables, adoptando medidas preventivas y correctivas para minimizar el impacto.

Para explicar el modelo de gerenciamiento empleado fue conveniente mencionar los sistemas de producción más conocidos y utilizados a lo largo del tiempo, debido a que cada uno aportó información relevante para el futuro desarrollo e implementación del método EVM adaptado al contexto uruguayo.

### **2.1.1 FORDISMO**

En primera instancia, se comenzó analizando el Fordismo hasta llegar a los modelos de producción implementados en la presente tesis de investigación.

El Fordismo fue considerado históricamente como primer modelo de producción en masa que supo tomar de las carencias el potencial para el desarrollo de una industria.

RODRIGUEZ DE RIVERA (1999) hizo referencia al Fordismo como un modelo de observación-práctica, orientado esencialmente en la acción, señaló que Ford elaboró un procedimiento de management de la fabricación, centrado en la producción en cadena y gran serie. En consecuencia, los principales problemas resueltos por el Fordismo se sintetizan a continuación:

a) la falta de cualificación del personal: convirtió la falta de preparación en una ventaja competitiva al aplicar la división/especialización del trabajo, asignando mínimas tareas a cada operario.

b) solución y simplificación de los problemas de la organización del trabajo: al mismo tiempo experimentó con la ordenación de las tareas a lo largo de un flujo de trabajos, algo revolucionario frente a los métodos usuales de fabricación en aquella época. La introducción del trabajo en cadena resolvía varios problemas:

En lugar de gastar esfuerzos en preparar una complicada disposición de taller ("layout"), el trabajo en cadena suponía una innovación organizacional que "racionalizaba" así tareas de planificación y preparación de instrucciones. En lugar de tener que regular procesos por planes e instrucciones, el mismo ritmo de la cadena regula los procesos, aunque de forma rígida. Pero eso evitaba el desarrollo desmedido de la burocracia en los talleres y reducía el número de jefes.

c) simplificación de los problemas de remuneración.

d) medio para la reducción de los tiempos de fabricación: a través de la organización óptima del trabajo, ordenando al personal y máquinas en el montaje de productos uniformes.

### **2.1.2 TAYLORISMO**

Seguido en el tiempo, se puede mencionar al taylorismo que según TAYLOR (1919) la utilización de etapas provocó una baja en los costos de producción porque significó una reducción de los salarios.

BRAVERMAN (1978) apud GARCIA (1999) reconocía el taylorismo como prácticas que se derivaban más allá de la lógica del proceso, articulando un imperativo gerencial sobre cómo el aumento del control del trabajo. Braverman consideraba precisamente que el análisis taylorista era la clave de la realidad del proceso de trabajo bajo el capitalismo monopolista.

### **2.1.3 SISTEMA SOCIO TÉCNICO**

Otro modelo significativo fue el Sistema Socio Técnico, que de acuerdo a LEAL (2002) la definición de un sistema socio-técnico es un sistema de trabajo integrado por grupos auto controlados de alto desempeño en un ambiente de alta interdependencia social y tecnológica. El sistema busca como objetivo general diseñar o rediseñar organizaciones para hacerlas más efectivas y competitivas a través de modificar en forma conjunta sus aspectos técnicos y sociales, y enriquecer tanto el contenido como el contexto del trabajo y como objetivos específicos establecer un sistema de trabajo que considere los siguientes elementos, TECNOLÓGICOS: multi-habilidad, auto-inspección, tiempos de preparación, mantenimiento autónomo, variedad y reto, tiempo de respuesta, flexibilidad, alta productividad, actualización y SOCIALES: grupo auto-controlado, reconocimiento, capacitación e involucramiento, grupos

motivados, mejora continua, sentido de pertenencia y madurez, pago por multi-habilidad, retroalimentación, información.

Este sistema debe considerar los factores que afectan la actitud hacia el trabajo tanto los extrínsecos como pago justo y adecuado, seguridad del trabajo, prestaciones, estatus, condiciones de trabajo que son parte del contexto del trabajo, como los intrínsecos como variedad y reto, continuo aprendizaje.

Las organizaciones pueden ser visualizadas dentro de un enfoque socio técnico si es constituida de tres subsistemas o elementos principales:

1. El sistema técnico o de tareas, que incluye flujo de trabajo, la tecnología usada, los papeles requeridos por la tarea y un gran número de otras variables tecnológicas.
2. El sistema gerencial o administrativo, que incluye la estructura organizacional, las políticas, los procedimientos y las reglas, el sistema de recompensa y de castigos, las maneras mediante las cuales se toman las decisiones, y un gran número de otros elementos proyectados para facilitar los procesos administrativos.
3. El sistema social (humano o personal-cultural) que está relacionado primariamente con la cultura organizacional, con los valores, las normas y la satisfacción de las necesidades personales: también incluida en el sistema social está la organización informal, el nivel motivacional de los miembros y sus actitudes individuales.

#### **2.1.4 SISTEMA TOYOTA DE PRODUCCIÓN**

Un sistema que ha interesado citar es el Sistema Lean: Sistema Toyota de Producción (STP) ya que tuvo injerencia en los procesos de producción que se manejan en el presente. Para TOYOTA MOTORS CORPORATION (2015) el STP es una filosofía de gerenciamiento orientada a optimizar todos los procesos de producción para lograr productos de la más alta calidad al más bajo costo. El STP impulsa la excelencia en la producción, elaborando lo necesario, en el momento justo, con la mejor calidad y a un precio competitivo. Basado en la valorización de trabajo estándar, la mejora continua o kaizen y el respeto por las personas, este sistema constituye la base del éxito de Toyota... Un eficiente STP sería imposible sin las tres bases que los sustentan, el trabajo estandarizado, el kaizen y el respeto por las personas. El STP nos ayuda a prevenir fallas, eliminar minuciosamente el MUDA (desperdicio, despilfarro o gasto en la lengua japonesa) y a construir la calidad en los procesos, de manera de ofrecerles a los clientes confiabilidad y seguridad al más bajo costo.

### **2.1.5 BENCHMARKING**

Siguiendo con los modelos representativos, el Benchmarking, es un proceso, que según la Comisión Directiva del Internacional Benchmarking Clearinghouse del AMERICAN PRODUCTIVITY & QUALITY CENTER (APQC) (2015), de evaluación continuo y sistemático; mediante el cual se analizan y comparan permanentemente los procesos empresariales de una organización frente a los procesos de las compañías líderes en cualquier parte del mundo, a fin de obtener información que pueda ayudar a la organización en su rendimiento. Es una estrategia independiente de gestión e integra evolucionadamente un conjunto de técnicas de calidad. Es también una técnica de innovación de la gestión que también se define como un proceso riguroso y práctico para medir el desempeño de su organización y los procesos, en contraste con las mejores organizaciones de su tipo, tanto públicas como privadas y utilizar este análisis para mejorar servicios, operaciones y productos.

### **2.1.6 PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO Y PROCESO ANALÍTICO DE REDES**

El Proceso Analítico Jerárquico (PAJ) o Analytic Hierarchy Process (AHP) y Proceso Analítico de Redes (PAR) o Analytic Network Process (ANP) es otro modelo de gerenciamiento del cual se extrajeron algunos elementos que aportó las bases para la creación de indicadores que se utilizaron en esta tesis. Para SAATY (1997) el AHP es un modelo útil para solucionar cuantitativamente los problemas. Aún más, es un modelo flexible que permite a las personas o grupos conformar ideas y definir problemas haciendo sus propias suposiciones y extrayendo de ellas la solución deseada. También permite probar la sensibilidad de la solución o el resultado, ante cambios en la información.

El AHP incorpora juicios y valores personales de manera lógica. Depende de la imaginación, la experiencia y el conocimiento para estructurar la jerarquía de un problema y de la lógica, intuición y experiencia para emitir juicios. Una vez aceptado y seguido, el AHP, nos muestra cómo conectar los elementos de una parte del problema con los de otra, para obtener el resultado combinado, es un proceso para identificar, comprender y evaluar las interacciones de un sistema como un todo.

GINNER (2010) apud SAATY (2001) señala que la ANP es una generalización de AHP. El enfoque ANP sustituye las jerarquías por redes. ANP es una forma simple de resolver las decisiones cotidianas, es mucho más amplio y profundo que AHP, y puede aplicarse a decisiones complejas con numerosas interacciones y dependencias.

### **2.1.7 KEY PERFORMANCE INDICATOR**

Otro modelo analizado es el Key Performance Indicator (KPI) o Indicador Clave de Desempeño, donde GARCIA SABATER (2013) define los KPI como los indicadores clave de desempeño, sean métricas financieras o no, utilizadas para cuantificar objetivos que reflejan el rendimiento de una organización.

El conjunto de indicadores a gestionar dependen totalmente del objetivo de la organización o departamento, por tanto, cada organización y cada subsección de la organización tiene y gestiona sus propios KPIs.

Los indicadores no dan respuesta, más bien plantean preguntas y dirigen la atención, cada persona en su puesto de trabajo tiene influencia sobre criterios KPI y objetivos de negocio. Sobre los indicadores se plantean objetivos.

Lo que no se mide no se puede mejorar, los objetivos deben ser fijados en base a indicadores conocidos, alcanzables y comprendidos por las personas comprometidas por alcanzarlos.

### **2.2 EARNED VALUE METHOD (EVM) o MÉTODO DEL VALOR GANADO**

Los modelos mencionados anteriormente, aportaron elementos para la creación y desarrollo de lo que hoy son los sistemas de producción, de aquí se consideraron las fortalezas y se eliminaron los errores de cada uno de estos procesos, adoptando los aciertos y tomando los desaciertos como enclaves para procesos futuros. Es conveniente tomar en cuenta las circunstancias sociológicas y económicas de cada período para entender y contextualizar cada uno de los modelos.

En el presente capítulo se analizó el EVM, el cual fue empleado en esta investigación, así como también fueron tomados los modelos pasados para desarrollar un sistema que se adapte al gerenciamiento de las obras de arquitectura en el contexto nacional.

MARSHALL (2007) dice que los primeros resultados del EVM mostraron que las áreas de planificación y control son significativamente afectados por su uso, utilizando la metodología EVM tanto en la definición del alcance, así como el análisis de los resultados del proyecto, en general han demostrado que los principios de EVM son predictores positivos del éxito de todo proyecto.

Según ARROYO (2010) la aplicación de la técnica para medición de desempeño conocida como EVM permite obtener el desempeño de los diferentes proyectos en su conjunto para

determinar si las desviaciones en la producción se deben a retrasos o adelantos en la ejecución de los proyectos o a desviaciones del proceso de operación continua.

Para VALDERRAMA (2010) la incorporación del EVM a los modelos específicos permite asignar una terminología normalizada y común a algunas variables de uso habitual, proporciona otras nuevas y es un complemento natural de un modelo económico más complejo. La utilización de todas las combinaciones de cantidades y precios del modelo y sus desgloses en los diferentes estados de aprobación da lugar a un enorme conjunto de datos, que configuran un panel de control exhaustivo y fiable para conocer en cada momento la situación económica y temporal de la obra.

PAJARES; LOPEZ (2007) mencionan que existen limitaciones del método EVM, en tanto, que no se tiene en cuenta la flexibilidad en las decisiones del equipo directivo, tampoco incluye los procesos de aprendizaje de los equipos, el papel del riesgo es completamente olvidado, y es muy sensible a la estructura en red del proyecto. Llamam la atención acerca de la necesidad de desarrollar nuevos indicadores que, además de los plazos y costes incluyan el riesgo. Es suficiente con tener en cuenta que no tendría sentido tomar acciones correctoras para reducir sobre costes o retrasos si a cambio comprometemos de manera dramática el proyecto.

Existen tres variables básicas que articulan la metodología EVM:

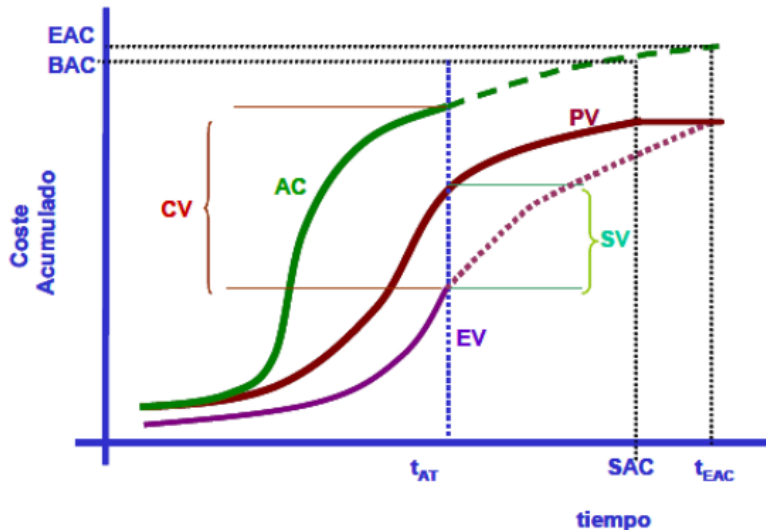
- . Valor Planeado (Planned Value) PV: es el coste presupuestado del trabajo programado. La evolución del PV a lo largo del tiempo determina la denominada línea base de costes, se trata del presupuesto en función del tiempo.
- . Coste Real (Actual Cost) AC: lo gastado para efectuar el trabajo realmente ejecutado. Se corresponde con las salidas de caja reales del proyecto.
- . Valor Ganado (Earned Value) EV: es el coste presupuestado del trabajo realizado.

Basta con probar cuál ha sido el trabajo realmente ejecutado y ver cuál es el coste presupuestado asociado en la línea base de costes.

Sobre estas tres variables se construyen diferentes indicadores como:

- . Varianza en Costes (Cost Variance)  $CV=EV-AC$ , nos da una idea de la existencia de infra o sobre gasto sobre la línea base.
- . Varianza en Programación (Schedule Variance)  $SV=EV-PV$

. Índice de Eficiencia en Costes y Programación (Cost Performance Index Schedule Performance Index) CPI y SPI, que reflejan los conceptos anteriores en términos relativos, lo que permitirá comparar entre proyectos de diferentes tamaños. Valores inferiores a 1 indican sobre coste y retraso respectivamente. Es posible monitorizar la marcha del proyecto.



Gráfica 2.1 - Evolución de las variables acumuladas en función del tiempo. (Pajares; Lopez, 2007).

Existen numerosos refinamientos de estas metodologías de re-estimación de plazo y costo pero la idea básica es la misma. Además, el estudio puede particularizarse para un determinado paquete de trabajo o actividad dentro del conjunto del proyecto.

Gracias a su simplicidad, la metodología del valor ganado se ha hecho muy popular dentro del ámbito de la dirección integrada de proyectos. Sin embargo, la metodología presenta una serie de limitaciones que se detallan a continuación.

- *Dificultad de estimación del plazo en las fases finales del proyecto:*

A medida que el proyecto avanza hacia sus fases finales, casi todas sus actividades habrán sido concluidas, con lo que el trabajo realizado se asemejará cada vez más al trabajo planeado, y por tanto, el valor ganado tenderá al valor planeado. De hecho, cuando el proyecto concluye, ambos valores deben coincidir, pues todas las actividades habrán finalizado, y el coste presupuestado del trabajo realizado coincidirá con el presupuesto inicial ( $EV=PV=BAC$ ).

Consecuentemente, en las últimas fases del proyecto, de forma natural, la varianza en plazo (SV) tenderá a cero, mientras que el índice de eficiencia en plazo, tenderá a 1, independientemente de los retrasos o sobre-costes. Mas aún, incluso habiendo sobrepasado el plazo inicial previsto para la ejecución, los indicadores seguirían prediciendo que el proyecto aún va a terminar a tiempo. Para resolver esta inconsistencia, se ha desarrollado el concepto





Algunas de las metodologías son deterministas, y otras son estocásticas (q no es determinista), en el sentido de que permiten que los datos iniciales estén enunciados en términos de probabilidad.

En cualquiera de los casos, se obtiene una solución “óptima” que constituye el plan del proyecto. Sin embargo, las metodologías no tienen en cuenta la flexibilidad de la gestión, es decir, la capacidad que tiene el equipo directivo para decidir alternativamente al plan, en función de las vicisitudes ocurridas durante la ejecución del proyecto. Por ejemplo, para aquellas actividades que ya han comenzado tarde, es posible destinar más recursos con objeto de reducir su duración; en algunos casos, es factible retrasar el comienzo de una actividad para traspasar recursos a otra; si en las fases iniciales, el proyecto se ha ejecutado más rápido de lo previsto, pueden reducirse recursos para reducir costes; en muchos casos, no existe una relación de precedencia única entre actividades, etc.

Aplicando esta flexibilidad ante la llegada de nueva información, la dirección del proyecto puede tomar las decisiones oportunas, y el plan del proyecto puede ser recalculado (quizás utilizando la misma metodología estática), con objeto de obtener el nuevo óptimo. Transcurrido el tiempo, la nueva información se traducirá en un nuevo plan, y así sucesivamente.

PAJARES; LOPEZ (2007) apud JORGENSEN Y WALLACE (2000) muestran mediante simulación que, incorporando a los modelos la referida flexibilidad de gestión, se obtienen unas estimaciones de coste y plazos sensiblemente distintas a las que proporcionan los modelos estáticos; se trata de una medida del valor de la flexibilidad de gestión. La metodología del valor ganado no tiene en cuenta el valor de la flexibilidad. Los indicadores esenciales (PV, AC, EV, ES, etc.) deberían entonces complementarse con otros que nos hablasen de la flexibilidad del proyecto. De hecho, ante una misma situación, con unos indicadores similares, el trabajo de Jorgensen y Wallace (op.cit) nos muestra que las estimaciones de plazo y costes son distintas en función del grado de flexibilidad de gestión que tenga el proyecto.

- *Aprendizaje y seguimiento de los pendientes de costes:*

Tanto el valor ganado como la programación ganada no tienen en cuenta el efecto aprendizaje que tiene lugar a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Aunque por su propia naturaleza todo proyecto tiene carácter único, siempre existen una serie de tareas que guardan similitud y que mejoran fruto del aprendizaje. A modo de ejemplo:

- \_ Efecto coordinación del equipo. Al inicio del proyecto debe establecerse la estructura organizativa y la forma de coordinación entre los miembros del equipo. A medida que avanza el proyecto, los recursos humanos involucrados evolucionan desde el mero trabajo en grupo, al verdadero trabajo en equipo, consiguiendo mayor eficiencia en la propia coordinación, y requiriendo menores dosis de liderazgo centrado en la tarea.

- \_ Actividades repetitivas. Algunas de las actividades pueden ser muy similares, de forma que su eficiencia mejora con la práctica. Incluso siendo actividades distintas, puede que las habilidades necesarias sean similares, mejorando la eficiencia con el tiempo.
- \_ Efecto coordinación externa. A medida que avanza el proyecto, las relaciones de coordinación con proveedores y subcontratistas se agiliza y se simplifica, al ser mayor el conocimiento de los intereses mutuos y de las formas de proceder; las relaciones con los stakeholders (interesados) mejoran también, aumentando el grado de confianza.

La metodología del valor ganado debería incluir estos efectos, con objeto de mejorar su capacidad de monitorización del proyecto, así como su capacidad de realizar estimaciones del plazo y coste realistas.

Evidentemente, es difícil establecer una metodología simple que permita identificar y separar el efecto aprendizaje de las múltiples vicisitudes que concurren en un proyecto. Pero en cualquier caso, siempre es posible analizar qué actividades son repetitivas, cuáles requieren habilidades complementarias, y qué reducciones de tiempo se estiman probables por mejora de la coordinación de los equipos. En base a ello, deberían corregirse las medidas y estimaciones de plazo y coste proporcionadas por el valor ganado. Por ello, se sugiere conveniente analizar no sólo valores absolutos, sino también la evolución de las pendientes de las curvas de coste real y valor ganado con relación al valor planeado, intentando identificar las causas de discrepancias importantes. De esta forma, podremos obtener una indicación de las “no linealidades” que concurren en el proyecto, y actuar en consecuencia; se trata de observar las derivadas con objeto de obtener un mayor entendimiento de lo que ocurre en proyecto.

- *La consideración del riesgo del proyecto:*

La gestión de riesgos es fundamental para el éxito del proyecto. Sin embargo, ni la metodología del valor ganado ni la programación ganada, integran este aspecto. A medida que el proyecto avanza, algunas de sus variables significativas (duraciones, recursos de actividades) pasan a ser ciertas, eliminándose parte del riesgo; sin embargo, otros sucesos pueden aumentarlo. Se sugiere que un sistema de monitorización debe incluir el riesgo: de nada serviría reducir costes y tiempos si el proyecto queda dramáticamente comprometido. Para ello, habrá que tener presente las consideraciones que se describen a continuación.

El estudio del riesgo de los proyectos ha sido abordado desde distintas aproximaciones: unas desde la investigación operativa, mediante un tratamiento estadístico riguroso de duraciones y recursos; otras desde un punto de vista intuitivo, explorando los posibles riesgos, estableciendo su impacto, y diseñando planes de actuación para mitigar sus resultados.

El hecho de que el camino crítico no sea fijo, hace que las actividades del proyecto puedan pertenecer al camino crítico en función de la evolución concreta del proyecto. Se define entonces criticidad de una actividad como la probabilidad de que esta se encuentre sobre el camino crítico. Merece la pena hacer esfuerzos para reducir el tiempo de ejecución de aquellas

actividades con altos niveles de criticidad, pues al ser muy probable que durante la ejecución del proyecto formen parte del camino crítico, su acortamiento redundará en un menor plazo de ejecución del proyecto.

El concepto de criticidad no nos habla de los efectos que tienen los riesgos incontrolables de las actividades individuales en el devenir del proyecto. PAJARES; LOPEZ (2007) apud WILLIAMS (1993) propone añadir una nueva métrica. Define crucialidad de una actividad como la correlación existente entre su duración y la duración total del proyecto. De esta forma, efectos adversos (plazos) en actividades con alta crucialidad, se traducirán en efectos adversos para el proyecto en su conjunto. Por el contrario, bajos niveles de crucialidad implican que un retraso en la actividad, no tendrá un efecto importante en el proyecto en su conjunto.

Consecuentemente, tienen sentido tratar de reducir el riesgo de aquellas actividades muy cruciales, o al menos monitorizar su ejecución con especial cuidado. Alternativamente, es aconsejable comenzar dichas actividades cuanto antes sea posible (a.s.a.p.), de forma que haya un cierto margen de maniobra en caso de que se confirmen algunos de los riesgos previstos.

PAJARES; LOPEZ (2007) apud WILLIAMS (2002) argumenta que el uso conjunto de estas dos medidas no es la panacea, pero nos ayudan a gestionar dos aspectos del proyecto: su duración esperada y su riesgo.

En la práctica, el equipo de dirección de proyecto debe identificar los riesgos más representativos del proyecto, estableciendo una estructura de desagregación del riesgo similar a la desagregación de tareas. Para cada riesgo, es necesario establecer, al menos de forma aproximada, una indicación de su probabilidad de ocurrencia, así como una medida de su impacto en costes, plazo y calidad del alcance. Se obtiene así la matriz de probabilidad-impacto, que nos da una idea de la importancia de los riesgos del proyecto.

Para aquellos riesgos más graves, se diseña entonces un plan que permita mitigar sus efectos. A priori, y si el proyecto transcurriese tal como ha sido planificado, su riesgo debería disminuir en función del tiempo, pues aquellas actividades que están concluidas ya no tienen riesgo, independientemente de cómo hayan finalizado (información perfecta). Podríamos así, obtener una medida intuitiva del “riesgo planificado” a lo largo de la vida del proyecto. Pero, en la realidad, el riesgo del proyecto puede aumentar fruto de sucesos inesperados, o bien por culpa de cambios en la programación o alcance.

Periódicamente, los equipos de gestión del riesgo deben analizar de nuevo la situación y re-estimar el impacto de los riesgos, obteniéndose una nueva medida del riesgo total del proyecto. Al igual que ocurre en la metodología del valor ganado, dicho riesgo puede ser mayor o menor que el planificado, teniendo nuevamente gran influencia en su análisis el trabajo que ya se ha realizado. La situación más negativa se daría cuando se hubiesen producido sobre costes y retrasos, y al mismo tiempo, algunos riesgos del proyecto se hubiesen acrecentado con respecto al riesgo planificado para el trabajo realmente ejecutado.

Continuando con PAJARES; LOPEZ (2007) sugieren por tanto, desarrollar una monitorización del riesgo que acompañe al valor ganado, y que nos alerte de que no estemos ganando valor para el proyecto a costa de aumentar su riesgo desproporcionadamente: de nada serviría obtener valores de CPI, SPI o SPI(t) cercanos o superiores a la unidad, si la probabilidad de ocurrencia de los riesgos con mayor impacto aumenta dramáticamente. Especial seguimiento debe realizarse sobre el riesgo de plazo que pueda afectar a las actividades con mayores niveles de crucialidad, pues son estas las que mayor correlación tienen con la duración total del proyecto. De hecho, se sugiere también realizar un seguimiento de la evolución de los valores de criticidad y crucialidad.

En la actualidad, se intenta desarrollar indicadores coherentes que aúnen valor y riesgo, similares a la típica señal / ruido utilizada en electrónica o en gestión de la calidad.

Para LIPKE (2004) el EVM es un método de gestión que conecta el costo, el cronograma y el desempeño técnico. Aunque facilite un enfoque más científico para proyectar la gestión, presenta tres deficiencias,

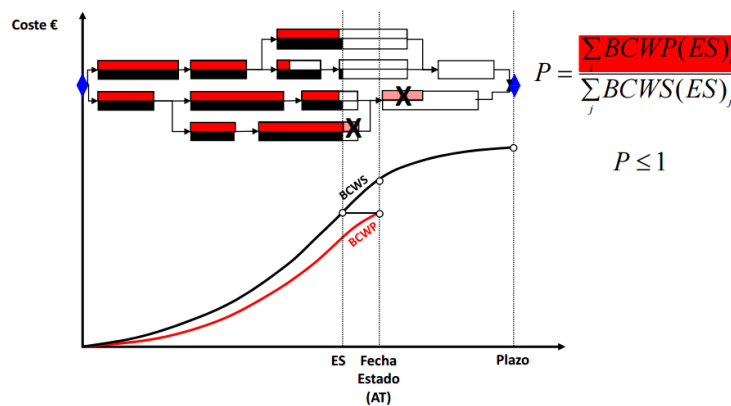
- \_ *Los indicadores de rendimiento no están conectados directamente con la satisfacción de la producción*, por ejemplo, la finalización de un hito o entrega de productos puede no satisfacer las expectativas del cliente, sin embargo los valores de los indicadores EVM son aceptables.
- \_ *Los indicadores programados están viciados*, los proyectos de terminación tardía, los indicadores muestran siempre el rendimiento programado perfecto.
- \_ *Los indicadores de desempeño no están conectados de forma explícita a las acciones de gestión adecuada*, incluso con los datos EVM el gerente de proyecto sigue dependiendo de su intuición como a cualquier acción necesaria.

LIPKE (2003) sostiene que uno de los objetivos del EVM es proveer de un medio para predecir el resultado de un proyecto, tomando en cuenta que el resultado es determinado, en su mayor parte, por la planificación y la proyección del rendimiento para la finalización del proyecto.

LIPKE (2004) propone una nueva medida de rendimiento, esta proporciona la conexión de producción de proyectos de indicadores EVM y facilita la estimación de la duración final del proyecto. Para lograr el éxito del proyecto, debe existir como condición necesaria la conexión entre aquellas tareas, que en una programación tradicional no están directamente relacionadas entre sí, para lograr vincular el costo programado con el plazo programado, esta condición favorecerá la satisfacción de la totalidad del proyecto.

LIPKE (2009) aporta el concepto de adherencia al cronograma, que relaciona a los parámetros EV y PV. Esto es, los valores de estos parámetros son medidos período a período de forma acumulada, resultado de sumar los rendimientos de cada una de las actividades del proyecto hasta ese punto de medición en particular.

A pesar de que la relación EV a PV es la variación del cronograma, al introducir la suma de actividades, se define un factor de ajuste (P) o factor-P. El Factor P, deriva de la aplicación del ES, proporcionando el "puente" que conecta la Gestión del Valor Ganado (EVM) al cronograma o programación del proyecto.



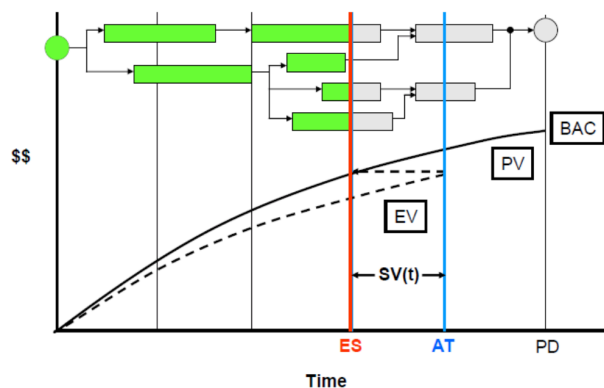
Gráfica 2.3 - Adherencia EV al cronograma y Factor P. (Lipke, 2009).

Cuando la diferencia entre PV ES y EV AT de las actividades es negativa, es posible que exista alguna restricción o impedimento (I) para su ejecución; pero si es positiva, se debe tener cuidado de que las actividades involucradas en un futuro requieran de re-trabajo (R), por los impedimentos que puedan tener las actividades predecesoras.

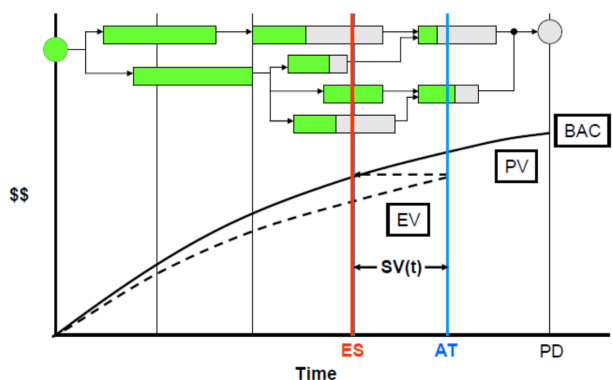
$$P = \frac{\sum_i BCWP(ES)_i}{\sum_j BCWS(ES)_j}$$

De acuerdo a LIPKE (2004) para un modelo de proyecto la planificación es como se muestra en la gráfica 2.4, tradicionalmente lo que sucede es lo que se representa en la gráfica 2.5, por lo tanto se debe introducir el concepto del factor P en el modelo de gerenciamiento para lograr alcanzar lo planificado según lo indicado en la gráfica 2.4.

Como factor P se define el porcentaje del trabajo realizado que se ha llevado a cabo de acuerdo a ES (Earned Schedule o en español Programación Ganada).



Gráfica 2.4 - Programación Ganada (ES) - Puente EVM y Programación Planificado. (Lipke, 2004).



Gráfica 2.5 - Programación Ganada (ES) - Puente entre EVM y Programación Actual. (Lipke, 2004).

NAVARRO (2014) resalta que tanto la desviación en programación, como la eficiencia, serán 0 y 1, respectivamente, al final del proyecto porque ya se habrá realizado lo que se tenía que realizar. Este comportamiento es precisamente una de las flaquezas del AVG (Análisis de Valor Ganado), ya que, a medida que el proyecto se va acercando a su final, el poder informativo de estos indicadores va perdiendo fuerza.

Esta flaqueza no quiere decir para nada que el valor ganado sea un mal concepto. Todo lo contrario. Es uno de los últimos conceptos más importantes que se han aportado a la disciplina de la Dirección de Proyectos. Solo el hecho de permitir obtener desviaciones en coste realistas frente a las malas prácticas, aunque muy extendidas, de medirlas respecto al presupuesto inicial, ya es un gran avance en sí mismo. Lo único es que hemos encontrado que tiene sus limitaciones a la hora de tratar la programación. Unas limitaciones que se pueden superar extendiendo el método. Y aquí es donde entra el concepto de Programación Ganada. En realidad, es una idea análoga a la del Valor Ganado, aunque en vez de utilizar unidades monetarias para medir desviaciones y eficiencias de programación se utilizan unidades de tiempo. El concepto de programación ganada, es extremadamente simple e intuitivo. Es importante decir que la introducción de esta nueva magnitud no supone incrementar el número de magnitudes que se miden directamente, ya que se mide a partir de otras. Es una magnitud

derivada. A partir de esta magnitud se pueden obtener nuevas desviación y eficiencia en programación que sustituyan a las del AVG. En primer lugar, se define la desviación en programación SV (t) como:

$$SV(t) = ES - AT$$

Mientras que la correspondiente eficiencia como:

$$SPI(t) = ES/AT$$

La desviación se calcula a partir de la diferencia entre valores acumulados del coste planificado y el valor ganado. Valores acumulados. En cambio, en un diagrama de Gantt, una desviación en plazo de, digamos, una semana se puede deber tanto a que una tarea posee una desviación de una semana como que cinco tareas en paralelo posean todas ellas una desviación de una semana. Aunque la desviación es de una semana en ambos casos, a nadie se le escapa que el segundo caso es más difícil de recuperar que el primero, debido a que hay más trabajo sin hacer. Esto no es más que una manifestación de la diferencia que hay entre esfuerzo y duración. La desviación en programación dada por la programación ganada tiene que ver con el esfuerzo. Ofrece una idea del tiempo que llevaría recuperar todo el trabajo no realizado hasta la fecha, independientemente de los plazos. Hay que reconocer que el concepto no deja de ser potente.

Imaginemos que nos comunican que llevamos un día de retraso en el plazo del proyecto, pero que supone un esfuerzo de dos semanas recuperar ese plazo. Así pues no hay que confundir una desviación en plazo que la obtengo a partir de un diagrama de Gantt, y una desviación en programación que obtenemos a partir del AVG extendido.

MUIÑO (2009-parte1) dice que existen limitaciones e imprecisiones en el método EVM que desnudan una debilidad de la herramienta de gestión. Estas son, que el EVM no tiene en cuenta el camino crítico, y por lo tanto el SPI no es necesariamente consistente, que el EVM no tiene en cuenta el carácter financiero de los costos (en otras palabras, los adelantos y los pagos diferidos alteran al CPI) y que en el final del proyecto el SPI siempre es 1, con lo que no sirve para evaluar post mortem los proyectos.

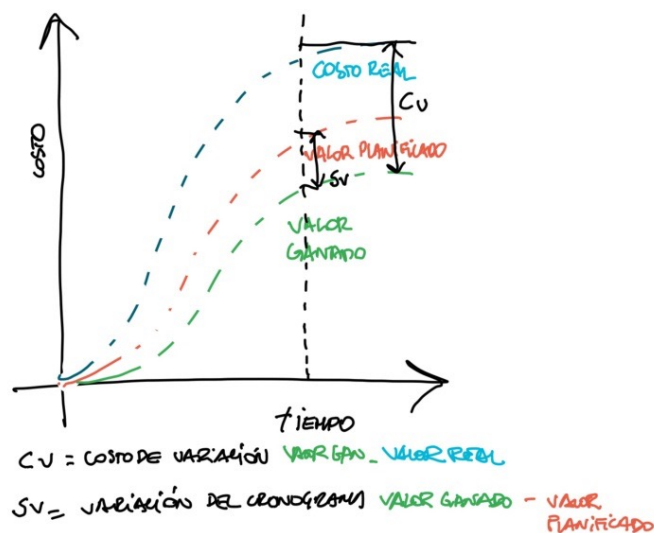
MUIÑO (2009-parte2) resalta que ninguna herramienta es "la realidad", sino una representación de la misma. Puntualmente el problema planteado era que si tenemos varias tareas con avances diversos, puede que los indicadores den bien (o mal) y la realidad sea muy diferente, esto debido a que EVM no toma en consideración por ejemplo el camino crítico.

PADILLA (2012) en su trabajo de tesis, menciona que como herramienta formal de monitoreo y control del rendimiento de los costos del proyecto, el PMBOK® propone la aplicación del Sistema de Gestión del Valor Ganado (EVMS – Earned Value Management System); y para el

monitoreo y control del avance, el Sr. Walter Lipke propone el Programa Ganado (ES – Earned Schedule). A pesar de la literatura disponible, estas herramientas siguen siendo muy poco aplicadas, ya que no han sido entendidas las ventajas desde el punto de vista del gerenciamiento de un proyecto, y cómo puede soportar a la toma oportuna de decisiones por parte del Gerente del Proyecto, para finalizar el mismo dentro de los parámetros establecidos en el Plan de Gestión del Proyecto.

Según PAJARES et al (2013) incorporan el riesgo al sistema EVM, donde el tiempo y el presupuesto son métodos tradicionales, pero se deben considerar estos factores ya que son claves. Para controlar el proyecto hay que activar acciones correctivas que actúen entre el EVM – alcance – tiempo – y el control de costos. Estos ítems están en el mismo marco conceptual y se basan en 3 medidas:

- \_ El costo presupuestado para el trabajo programado o también llamado Valor Planificado.
- \_ Costo real para el trabajo realizado.
- \_ Costo del Valor Ganado.



Gráfica 2.6 - Costo vs tiempo - EVM.

El CV (costo de variación) tiene relación directa con el costo, es el valor ganado menos el costo real. El SV (variación del cronograma) es el valor ganado menos el valor planificado.

Si el CV es positivo significa que estamos dentro del presupuesto, si el SV es positivo significa terminar antes de lo previsto en el tiempo, sin embargo si el CV es negativo y SV es negativo significa que el presupuesto supera lo previsto y que el proyecto se ha retrasado respectivamente.

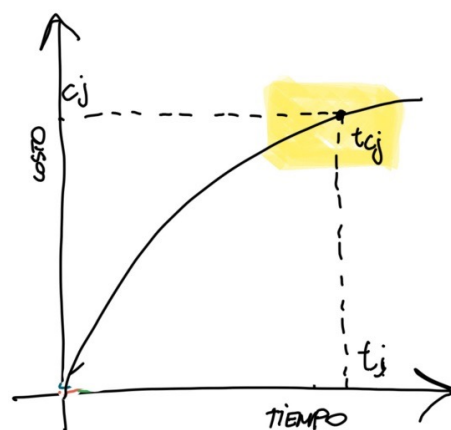


La incertidumbre se controla por medio de redes estocásticas, donde los costos de actividades y duraciones no son deterministas siguiendo distribuciones de probabilidad. Se han incorporado al enfoque EVM tablas de lógicas Fuzzy. Estas tablas pueden utilizarse para explicar el mundo en que vivimos, puesto que siguen el comportamiento difuso de razonar, sacando conclusiones a partir de hechos observados; esta lógica es conocida como borrosa o difusa, por lo que admite grises.

Según TEJADA (2000) la lógica Fuzzy está diseñada para reaccionar a cambios continuos de la variable a ser controlada. Esta disciplina es especialmente ventajosa para problemas que no puedan ser fácilmente representadas por modelos matemáticos debido a que los datos están incompletos o porque el proceso es muy complejo. El uso de modelos lingüísticos en lugar de modelos matemáticos mejora grandemente la transparencia del sistema y facilita las potenciales modificaciones. La lógica Fuzzy intenta controlar procesos, capturando el conocimiento que los especialistas poseen de su experiencia real sin tener que modelar el sistema.

Continuando con PAJARES et al (2013) una de las principales ventajas de este nuevo enfoque es que se combinan dos metodologías que son familiares a los gerentes de proyecto: EVM y la Simulación Montecarlo. La combinación de ambas metodologías integra la gestión de riesgos con EVM en un mismo marco. La Simulación Montecarlo es la base para lo que determinan PAJARES et al (2013) de que un proyecto deberá contar con amortiguadores o buffers que amorticen el riesgo.

La metodología considera que la naturaleza estocástica del proyecto puede ser moderada como distribución probabilística de duración de tareas y costos.



Gráfica 2.7 - Distribución probabilística. Simulación "j" - Costo vs tiempo.

### **3. EVALUACIÓN DE INDICADORES DE DESEMPEÑO EN EL GERENCIAMIENTO DE OBRAS**

---

#### **3.1 INDICADORES y MEDICIÓN DE DESEMPEÑO**

Para FORMOSO et al (2003) los indicadores son sistemas de medición de desempeño vinculados al gerenciamiento estratégico de los negocios (KAPLAN, 1992). Antes utilizados con un fin específico de control de la productividad o utilizado por las áreas contables de las empresas, hoy los sistemas de medición se volvieron parte integrante para la implementación estratégica y evaluación de desempeño de los recursos humanos. De esta forma la medición de desempeño asume nuevos papeles, no solo para el monitoreo y control de los procesos sino también para facilitar la comunicación y el aprendizaje organizacional.

Este cambio en la utilización de los indicadores se debe a la necesidad de una mayor transparencia en la gerencia de procesos, y el principio de la transparencia se refiere, tanto a la manera como la información es organizada y compartida, así como, la mayor participación y autonomía de los trabajadores y de la descentralización de la toma de decisiones (GRIEF, 1991; OLIVEIRA, 1999).

Tradicionalmente, dentro de los modelos de gestión, las mediciones son utilizadas para: (a) demostrar el desempeño actual de los procesos identificando problemas y colaborando en la priorización de acciones de mejora, (b) controlar los procesos a partir de patrones de desempeño previamente establecidos, en este caso la identificación de desvíos en relaciones a patrones se puede desencadenar en acciones correctivas para la solución de problemas, y (c) verificar el impacto de las acciones de mejora sobre el desempeño del proceso.

DIBELLA y NEVIS (1998) sugieren que las mediciones pueden ser utilizadas para facilitar el proceso de aprendizaje en las organizaciones, ayudando a las personas a analizar su desempeño (feedback) y colaborando a hacer mejoras.

SENGE (1999) argumenta que predomina en los sistemas gerenciales elegidos por las empresas, los sistemas de medición de desempeño con una fuerte tendencia al control centralizador. Los nuevos papeles que se atribuyen a los indicadores implican cambios en la

forma de pensar y de usar la medición de desempeño en los procesos de tomas de decisiones organizacionales.

Según PEDROZO (2005) los indicadores consisten en expresiones cuantitativas que representan información generada a partir de la medición y evaluación de una estructura de producción, de los procesos que la componen y del producto resultante (SOUZA et al 1994). Lima (2005) dice que de esta forma “los indicadores se constituyen en instrumentos de apoyo para la toma de decisiones con relación a una determinada estructura, proceso o producto. Según Souza et al (1994) un indicador de desempeño es definido como un resultado alcanzado en determinado proceso o características de los productos resultantes. Se refiere al comportamiento del proceso o producto en relación a determinadas variables, tales como, costo, beneficio, re trabajo, conformidad de los productos. Para Neely et al (1997) y Stink y Tuttle (1993) los indicadores de desempeño deben ser considerados parte integrante de los procesos de planificación y control, brindando medios de captura de datos que pueden ser utilizados como información para la toma de decisiones.

PEDROZO (2005) apud LANTELME (1994) define que los sistemas de medición constituyen un conjunto de medidas integradas a varios niveles de agregados y asociados a programas de mejora desarrollados en la organización.

SINK y TUTTLE (1993) consideran la medición como el proceso por el cual se decide lo que medir, se realiza la recolección, el procesamiento y la evaluación de datos. Presentan un modelo que enfoca la medición como parte integrante del sistema gerencial, enfatizando su papel como mecanismo de retroalimentación de información para la toma de decisiones.

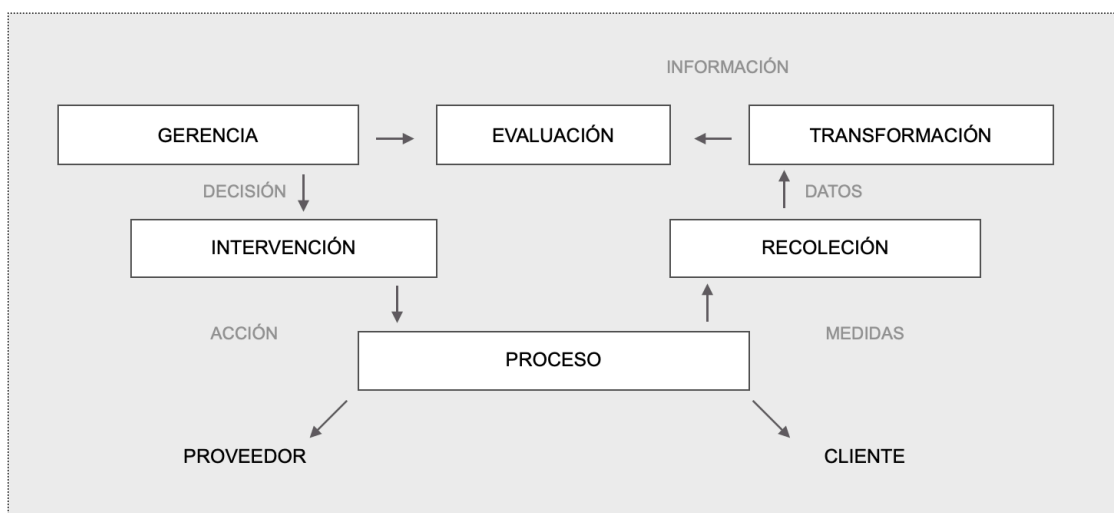


Figura 3.1 - Modelo de Sistema de Medición adaptado de Sink y Tuttle (1993).

El proyecto de un sistema de medición de desempeño implica una selección de un conjunto de medidas y su integración a rutinas y estructuras organizacionales, y comprende;

- a) los procedimientos para la recolección y procesamiento de datos,
- b) los formatos y periodicidad para la distribución de la información,
- c) un abordaje para la evaluación que valore el aprendizaje y mejora,
- d) un proceso de revisión y actualización del sistema.

FORMOSO et al (2003) dice que los criterios de selección e implementación de los indicadores recomendados por muchos autores (BERLINER; BRIMSON, 1988; ARMITAGE; ATKINSON 1990; TIRONI et al., 1992; NEELY et al., 1996) se pueden describir de la siguiente forma:

(a) Selectividad; los indicadores deben estar relacionados a factores esenciales o críticos del proceso a ser evaluado. Estos deben ser identificados a partir de una perspectiva estratégica, que considere los factores críticos.

(b) Representatividad: los indicadores deben ser elegidos o formulados de forma que puedan representar satisfactoriamente el proceso o producto a que se refiere. Se debe considerar que cualquier medida representa una abstracción de la realidad, de esta forma, cada indicador posee un cierto grado de subjetividad que debe ser considerado en el análisis.

(c) Simplicidad: los indicadores deben ser de fácil comprensión y aplicación, principalmente para aquellas personas que están directamente implicadas en la recolección, procesamiento y evaluación de los datos, requiriendo el mínimo esfuerzo adicional para su implementación.

(d) Bajo costo: los indicadores deben ser generados a bajo costo. El costo para la recolección, procesamiento y evaluación no debe ser superior al beneficio. La inversión en personas, tiempo e informatización debe ser proporcional a los beneficios a que se quiere alcanzar.

(e) Transparencia: los datos para el cálculo del indicador deben ser de fácil acceso y estar disponibles, preferiblemente por medios visuales.

(f) Estabilidad: los indicadores deben ser recolectados con base a procedimientos rutinarios y deben estar incorporados en las actividades de las empresas y que permitan su comparación o análisis de tendencias a largo plazo.

(g) Abordaje experimental: es recomendable desarrollar inicialmente, los indicadores necesarios y probarlos. En el caso que no muestren datos importantes a los largo del tiempo deben ser alterados o excluidos.

(h) Comparación externa: algunos indicadores deben ser desarrollados para permitir la comparación de desempeño de la empresa con otras, de forma que puedan ser utilizados como benchmarks en la evaluación de competitividad.

(i) Mejora continua: deben ser periódicamente evaluados y cuando es necesario deben ser modificados o ajustados para atender los cambios en el ambiente organizacional ya que no pueden perder su propósito y validez.

De acuerdo a KAPLAN (1992), se busca abordar una brecha entre dos sistemas gerenciales, su deficiencia en el establecimiento de un vínculo entre estrategias a largo plazo y sus acciones a corto plazo. Por otro lado, se deben buscar, a través de una selección criteriosa reducir el número de medidas utilizadas por la empresa.

Muchos sistemas de medición desarrollados dentro de los programas de gestión resultan que necesitan un número elevado de medidas que terminan saturando el trabajo de las personas y generando costos extras. La idea de vincular las medidas a los factores críticos busca identificar, entre todas las medidas posibles, aquellas que son realmente importantes, reduciendo el esfuerzo en la recolección, procesamiento de datos y facilitando la comunicación, induciendo en el comportamiento de las personas en la dirección de los objetivos estratégicos gerenciales.

Se enfatiza que estos aspectos críticos deben ser identificados a partir de la definición estratégica de la empresa.

Según lo indicado por FORMOSO et al (2003) apud HRONEC (1993) y SINK y TUTTLE (1993) existe resistencia por parte de los individuos a la implementación de las mediciones de desempeño, ya que son entendidas como mecanismos de control y de futuras sanciones. La introducción de las actividades de medición de desempeño representan cambios en la rutina de las personas y el hecho de que las medidas exponen los problemas representa una amenaza para muchos. Por lo tanto, para generar y aumentar el compromiso se sugieren la participación de las personas en el desarrollo de las medidas y una amplia divulgación de los resultados. En este sentido se debe invertir en la formación para la implementación, explicar los objetivos y enfatizar la utilización de la medición como un aspecto de mejoría de desempeño.

MARTÍNEZ y ALCARRIA (2006) mencionan que los indicadores no financieros son utilizados para seguir el progreso de las metas estratégicas (control diagnóstico), pero además, es posible utilizar los sistemas de indicadores como controles interactivos, siendo gestionados personalmente por los directivos y permitiendo un diálogo activo con la empresa sobre oportunidades y amenazas emergentes.

Según PEDROZO NAVARRO (2005) apud COSTA et al. (2005) una de las principales deficiencias encontradas en la medición de desempeño está en el hecho de que los indicadores utilizados por distintas organizaciones son raramente integrados y/o alineados con

el proceso de negocio. Destacan que en la mayor parte de las veces los indicadores no son seleccionados de acuerdo con los objetivos estratégicos y factores críticos, esto dificulta la inserción en los procesos gerenciales de la organización.

Entre los modelos de medición más destacados, para entender las estrategias requeridas en la concepción de los indicadores de desempeño están:

### 3.1.1 SISTEMA SMART (STRATEGIC MEASUREMENT AND REPORTING TECHNIQUE) O PIRÁMIDE DE DESEMPEÑO

Según lo indicado por PEDROZO NAVARRO (2005) CROSS Y LYNCH (1989) desarrollan en Estados Unidos este sistema denominado SMART que surge por el descontento con los modelos tradicionales de desempeño.

La pirámide de desempeño está constituida por cuatro niveles de objetivos y medidas. Este modelo establece una estructura de enlace entre la estrategia y las operaciones. Esta relación es verificada en la transmisión de los objetivos, que es realizado del nivel superior al inferior y de los indicadores que se dan del nivel inferior al superior.

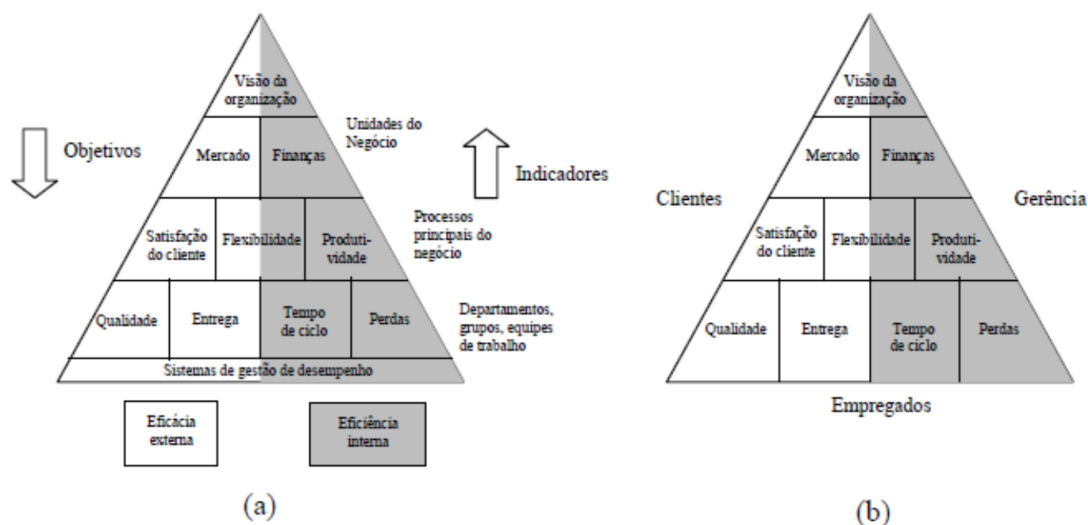


Figura 3.2 - Modelo de pirámide de desempenho adaptado de Lynch; Cross (1995). (Pedrozo Navarro 2005).

En el nivel superior de la pirámide de desempeño se representa la visión de negocio, que es articulado por la dirección de la empresa. El segundo nivel está constituido por las metas de las unidades de negocio que son definidas en términos de mercado y finanzas. En este nivel deben ser definidas las estrategias para alcanzar los objetivos establecidos.

En el tercer nivel están los procesos principales que sustentan la estrategia de negocio. En este nivel son definidas las metas y prioridades en términos de satisfacción del cliente,

flexibilidad y productividad. En la base de la pirámide, para cada grupo, equipo o departamento, están los criterios operacionales específicos: calidad, entrega, tiempo del ciclo y pérdida.

El sistema SMART es utilizado para describir cómo los objetivos son comunicados de abajo para arriba y de arriba hacia abajo, y cómo las medidas pueden ser clasificadas en diversos niveles.

De acuerdo a LYNCH y CROSS (1995) para el desarrollo de un sistema es importantísima la observación de algunos factores esenciales, ellos son:

- Comprensión completa de la visión de los objetivos estratégicos de la organización.
- Incentivos y aprendizaje en la organización, a través de continuas acciones de revisión de sus objetivos estratégicos.
- Interpretación de las corrientes que establecen las directrices de la organización (satisfacción del cliente, flexibilidad, o productividad), en lugar de priorizar las acciones para las operaciones diarias.
- Evaluación de las operaciones diarias considerando simultáneamente los criterios de desempeño: calidad, tiempo de ciclo, entrega y pérdidas.

GHALAYINI et al (1997) destacan que el modelo no suministra mecanismos para la identificación de los indicadores clave de desempeño, y no explican cómo integrar los conceptos de mejora continua.

### 3.1.2 SISTEMA BSC (Balanced Scorecard) o CMI (Cuadro de Mando Integral)

KAPLAN Y NORTON (1992-1997) proponen en su libro *Balanced Scorecard*, que los sistemas de medición deben ser balanceados por un conjunto de medidas financieras y no financieras, vinculadas entre sí y con objetivos estratégicos de la empresa. En la figura a continuación se muestran las cuatro perspectivas que deben formar parte de un sistema de medición.

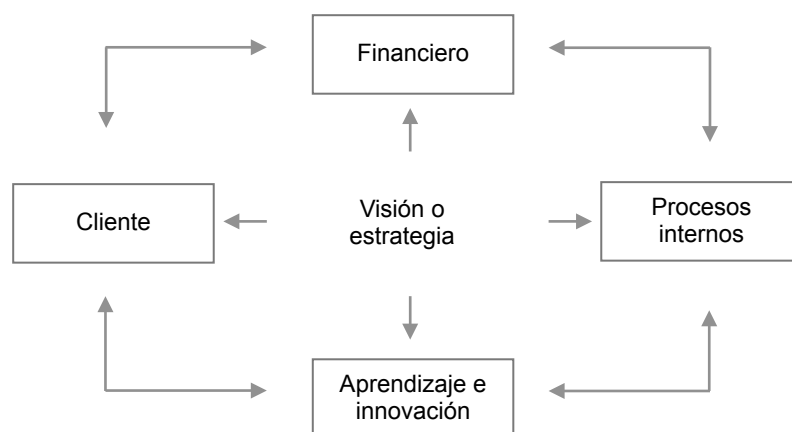


Figura 3.3 - Cuatro perspectivas del Balanced Scorecard. (Kaplan; Norton, 1997).

El *Balanced Scorecard* también aborda el desdoblamiento de las estrategias en varios niveles operacionales. De esta forma, se puede comunicar los objetivos por toda la empresa.

La selección de los indicadores corresponde en una primera etapa en el proceso de implementación de un sistema de medición de desempeño. Las fases siguientes son, planificación, recolección de datos, su procesamiento y distribución de los mecanismos que serán utilizados en la evaluación. Esta planificación puede ser una necesidad de desarrollo de procedimientos e instrumentos para la recolección de datos, tales como sistemas computacionales y capacitación. En esta etapa son importantes los criterios de simplicidad, bajo costo y transparencia que deben ser reflejados.

De acuerdo a PEDROZO NAVARRO (2005) Kaplan y Norton (1997) expresan que no existe fórmula que defina el número de perspectivas que se aplican a este sistema, destacan que pueden variar de acuerdo a las estrategias individuales de organización. Enfatizan que el sistema de medición debe hacer explícita las relaciones entre los objetivos y medidas en varias perspectivas.

El sistema debe estar equilibrado en sus medidas, traduciendo la misión y la estrategia de unidad de negocios en objetivos y medidas alcanzables. Estas medidas representan el equilibrio entre los indicadores externos e internos de los procesos críticos de negocio, innovación, aprendizaje y crecimiento.

LETZA (1996) menciona que este sistema es muy genérico y que las perspectivas propuestas por el modelo pueden ser diferentes, dependiendo de los distintos ambientes. NORREKLIT (2000) critica la interdependencia de las perspectivas del modelo. Destaca que existe interdependencia cuando el rendimiento de una actividad afecta los costos o al rendimiento de otra actividad.

RICHMOND (2001) afirma que la concepción de los mapas estratégicos del modelo BSC, por ser estáticos y lineales, no poseen capacidad para capturar los efectos resultantes del tiempo.

COSTA (2003) afirma que uno de los principales aspectos positivos de este modelo es el proceso de aprendizaje organizacional que el sistema proporciona. La oportunidad de discusión y comunicación de estrategias para la empresa, en diferentes funciones, a través de reuniones, posibilita a los gerentes conocer y revisar sus estrategias, desarrollando sistemas de control más eficaces.

### **3.1.3 MODELO QUANTUM DE MEDICIÓN DE DESEMPEÑO**

Según PEDROZO NAVARRO (2005) este modelo está compuesto por cuatro elementos, los generadores, los facilitadores, el proceso y la mejora continua.



Los elementos generadores de los indicadores de desempeño están vinculados a la estrategia de la empresa y provienen de tres fuentes, liderazgo, los interesados (clientes internos y externos) y mejoras prácticas del ambiente (competencia, reglamentación, disponibilidad de recursos y el mercado).

Los elementos facilitadores ayudan al desarrollo, a la implementación y a utilizar con éxito los indicadores de desempeño. Estos deben estar presentes en todo el sistema de medición y son representados por la comunicación, las recompensas, por la formación y por el benchmarking.

El elemento proceso identifica los procesos críticos a ser analizados, objetivando el entendimiento y la mejora de la organización como un todo. A través de este proceso de análisis, se deben establecer las prioridades para el desarrollo, implementación y utilización de los indicadores de desempeño en las áreas críticas.

El elemento de mejora continua, está vinculado al proceso de constante revisión y la mejora de los indicadores de desempeño, además retroalimenta la estrategia, haciendo que sea alterada cuando es necesario.

En la estructura del modelo la base está representada por la estrategia, que se difunde por toda la organización a través de medidas de desempeño. A continuación los facilitadores poseen el papel de aplicar y apoyar el proceso de implementación de las medidas de desempeño que deben estar acompañado por cambios en la organización.

La próxima etapa de este modelo se constituye por el establecimiento de metas, donde debe contar con la participación de la administración en la confección de las directrices, a partir de los objetivos y del proceso de benchmarking. Las metas establecidas representan los resultados de desempeño deseados para el futuro y los responsables por los sucesos deben perseguir alcanzar los resultados establecidos. El desempeño Quantum representa la meta global del desempeño (HRONEC, 1994).

La etapa de definición de los procesos críticos auxilian en la definición de los indicadores de desempeño de alta prioridad a ser implementados.

Las medidas output son generalmente definidas por parámetros de calidad, tiempo y costo. Estas medidas tienen el papel de controlar el desempeño individual de los procesos y son utilizadas para controlar recursos.

La definición de los procesos críticos, utilizando las herramientas de gestión y planificación constituyen, según Hronec (1994), la etapa crucial para la integridad del proceso o de su output.

Luego de lo anterior, es posible establecer las medidas de desempeño que tienen la finalidad de controlar las actividades claves del proceso. La etapa final es la implementación de todos los indicadores de desempeño. A partir de esto el modelo sigue el constante proceso de mejora continua.

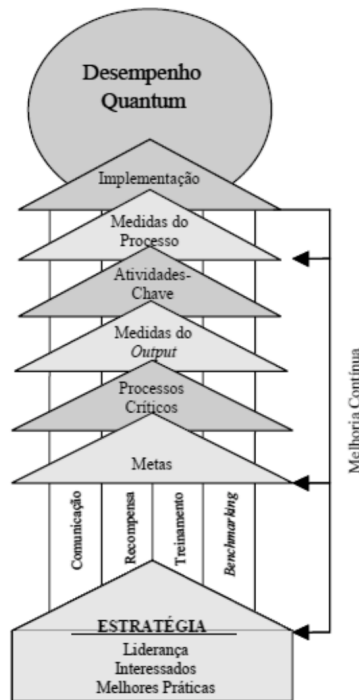


Figura 3.4 - Modelo Quantum de medición de desempeño. (Hronec, 1994).

El modelo Quantum de Medición de Desempeño destaca la importancia en el cliente, en el proceso de cambios y en la mejora continua que debe existir. Lima (2005) dice que el modelo Quantum nos muestra claramente cuáles son los elementos que la empresa debe priorizar para la obtención del desempeño deseado.

PEDROZO NAVARRO (2005) dice que en estos 3 modelos existe una gran diferenciación en relación a los modelos tradicionales de desempeño, donde utilizan las medidas financieras y cuantitativas de productividad. Estos modelos destacan el proceso de monitoreo y control, y enfatizan el proceso de desarrollo de los sistemas de medición vinculados a la estrategia y al proceso de mejora continua de los sistemas de gestión.

Para MULLER (2003) este modelo presenta un pequeño conflicto, destacando que presupone una estrategia, clasificándola como elemento generador de la necesidad de medición de desempeño, predicando que se debe optimizar la calidad, costo y tiempo para ofrecer valor y servicio al cliente.

### 3.2 HERRAMIENTAS DE GESTIÓN EN EL MARCO CONCEPTUAL

Analizadas las planillas de avance de tiempo y costo de la obra de estudio, se observó que se pueden mejorar las incidencias de los desvíos teniendo en cuenta herramientas de gestión como factores universales a incorporar: proveer de aspectos que influyan en el avance de la

obra y así prever los desvíos de antemano pudiendo ser aplicado a todo tipo de obra. Con el objetivo de anticiparse a los conflictos que puedan ocurrir, se revisaron por ejemplo, los tipos de contratación, que deben establecer de antemano los derechos y obligaciones de cada una de las partes, sin embargo no sería eficiente tomar un mismo modelo de contrato sino que para cada empresa se deberá diseñar un contrato particular que se adecúe a su rubro.

Ha sido fundamental implementar en obra herramientas de gestión que aporten soluciones a los conflictos generados por los desvíos entre la curva proyectada y la curva real del avance costo-tiempo. Dichas herramientas son de carácter universal puesto que han aportado rigidez técnica para subsanar las medidas tomadas, ayudando a que las gráficas brinden información útil para que la gerencia de obra tome las precauciones convenientes y así anticiparse a los problemas para obras futuras. Los elementos universales son:

- Estimación de Costos: con el menor porcentaje de error.
- Tipo de Contrato: contrato particular para cada obra, identificando los puntos claves para cada caso la mejor solución.
- Contratación de Seguros TRC (Seguros Todo Riesgo de Construcción)
- Forma de Pago: por cuotas fijas, por certificación por avance de obra y por hitos.
- Cronograma de avances.
- Interacción entre los distintos actores dentro del proyecto: Reuniones de Obra

### **3.2.1 COSTOS**

Para BALLARD Y REISER (2004) el diseño Target Cost o Diseño de Forma Objetiva de los costos mejora la rentabilidad del producto. El diseño del costo objetivo es una práctica de desarrollo de productos que convierte los costos en un criterio de diseño. Esto implica emplear diseño por factores. Tienen el fin de centrar el objetivo del diseño en algún factor  $x$  que la empresa considere relevante, esto genera reducción de costos y aumento de flexibilidad en los procesos de producción.

Principales desafíos que enfrenta el Diseño por factores (DFX):

- Cómo incorporar a los especialistas pertinentes en el proceso de diseño.
- Conseguir decisiones de equilibrio entre las partes.
- Cómo manejar las decisiones de diseño para lograr objetivos.

En la práctica tradicional, primero se produce un diseño, se estima su costo, y luego se trata de alterar el diseño con el fin de reducir costos (para llegar al valor deseado).

Los autores recomiendan para obtener mejoras en la industria de la construcción seguir los siguientes criterios:

- Talleres de colaboración – para producir esquemas de diseño,
- Sea más formal y riguroso sobre la creación de costo objetivo,
- Costo objetivo en cada nivel, a partir de los sistemas, y luego en sub sistemas y componentes.
- Aprende a usar la ingeniería de valor para facilitar el diseño integrado de productos – dejar de lado la fabricación costosa que no necesariamente crea el valor apropiado.
- Determinar el uso apropiado de los costos de ciclos de vida.
- Estudiar las ofertas de lo que se necesita subcontratar.
- Involucrar a los proveedores e instaladores en la búsqueda de nuevas ideas y mejores formas de hacer las cosas
- Cambie la terminología “estimación conceptual” por “modelo de costos” para destacar la deseada.

Según PAZARCEVIREN y CELAYIR (2013) el sistema, Target Cost asociado a ABC (Activity Based Costing) favorece a complementar los valores que se determinan por el Target Cost, de esta manera podemos realizar el costo igual al precio del mercado menos la ganancia planeada.

El principio del método ABC propone dos ideas fundamentales de las cuales parte la metodología en cuestión, estas son:

- Los productos no consumen costes sino actividades.
- Las actividades son las que realmente consumen recursos. Los costes son la expresión cualificada de los recursos consumidos por las actividades.

De ello se deriva en primer lugar que la gestión de los costes se deberá centrar, principalmente en las actividades que los originan, llevando a que la gestión óptima de las mismas genere la reducción de los costes que de ellas se derivan.

El método ABC pretende construir una infraestructura de información que permita establecer una relación equilibrada entre los costes indirectos y las unidades de coste sobre las que se asignarán los costes. También se utiliza el método para asegurar que los gerentes tomen las

decisiones correctas en cuanto a la diversificación del producto y las estrategias de competencia, vinculando directamente los costos generales de producción a unidades de costos como procesos, servicios, productos o clientes. (Cooper 1988: 46).

El objetivo del método ABC es reducir las decisiones equivocadas proporcionando información precisa de los costos. En este método, los datos de asignación de costos generales de producción planificados, controlados y económicos se adquieren con referencia al supuesto de que los productos consumen actividades y actividades consumen los recursos. Para lograr dichos objetivos, en las operaciones de ABC se crea un conjunto de costos para cada actividad y se determinan todos los costos indirectos agrupados en ella y una clave de asignación de costos para cada grupo de costos. (Cooper, 1988: 45). La parte crucial es calcular los costos del producto después del cálculo de los costos de la actividad. (Erdoğan, 1995: p.89).

El sistema de Costes Basado en las Actividades ABC, es un modelo que permite la asignación y distribución de los diferentes costes indirectos, de acuerdo a las actividades realizadas, pues son estas las que realmente generan costes. Este sistema nace de la necesidad de dar solución a la problemática que presentan normalmente los costes estándar, cuando no reflejan fielmente la cadena de valor añadido en la elaboración de un producto o servicio determinado, y por lo tanto, no es posible una adecuada determinación del precio.

El modelo de coste ABC asigna y distribuye los costes indirectos conforme a las actividades realizadas en el proceso de elaboración del producto o servicio, identificando el origen del coste con la actividad necesaria, no sólo para la producción sino también para su distribución y venta; la actividad se entiende como el conjunto de acciones que tiene como fin el incorporar valor añadido al producto a través del proceso de elaboración. Complementando la definición de actividad, debe mencionarse que el modelo ABC se basa en que los productos y servicios consumen actividades, y estas a su vez son las generadoras de los costes.

### **3.2.2 CONTRATO**

Según PODETTI (2004) desde el punto de vista de la empresa constructora y que el comitente fuere o no empresa, nada dará tantas ventajas utilizadas como el tiempo invertido en la negociación y en la redacción de buenos contratos. Toda cuestión no resuelta o postergada por las partes en el momento de la ejecución, será origen de una divergencia, cuya resolución significará seguramente, más tiempo y más costo, cuando no directamente pérdidas a una o ambas partes. Solo hay otra cuestión de tanta significación para el cumplimiento de las finalidades perseguidas por las partes como el contrato: el estricto control de ejecución de modo constante. Pero sin un buen contrato, aún el mejor control de la ejecución será torpe para evitar divergencias, tropiezos o pérdidas. No existe suficiente conciencia sobre la importancia

del contrato, y por el contrario, se lo subvalora siempre con pésimas consecuencias respecto al negocio cuyo programa debió reflejar.

El contrato no debe ser extenso o complejo, debe ser comprendido rápidamente el carácter y el alcance de las transacciones que se han acordado. Debe ser breve, que sea congruente con la finalidad de ser completo y autosuficiente. Siempre es productiva la negociación entre la partes y la discusión sobre todo lo establecido en el contrato, todo lo que queda reflejado en el contrato asegurará la buena fe entre las partes.

Los resultados de todo contrato son esencialmente contingentes, están sujetos a incertidumbre y riesgo para ambas partes, la idea de contingencia está precisamente en la esencia de la empresa y del contrato, porque apunta a dos términos; el tiempo futuro y el condicionamiento de que se mantengan las estipulaciones (subjetivas) y los marcos económicos (objetivos) que se proyectaron para el desarrollo económico, que las partes debieron considerar para estimar su comportamiento durante toda la vida del contrato. La incertidumbre y el riesgo han formado parte de la vida de los contratos desde que comenzaron a celebrarse. En algunos contratos, naturalmente, esos factores han tenido mas importancia que en otros, a tal punto que el riesgo o la incertidumbre constituyen la razón de ser de los contratos aleatorios. Pero en el resto de los contratos, los riesgos son amenazas a lo que las partes han querido obtener al establecer un acuerdo. La promesa de un resultado que debe obtenerse haciendo y por ende, requiere una no deseada pero imprescindible participación del tiempo, convierten al contrato de construcción en uno de los de mayor incertidumbre y más alto riesgo.

Riesgo es toda posibilidad de que se produzca una alteración perjudicial importante para alguna de las partes de un contrato, en relación con el equilibrio que ambas previeron entre sus obligaciones recíprocas al celebrarlo.

El riesgo es esencialmente contingente y debe ser capaz de producir un daño significativo en relación con el equilibrio o equivalencia que ambas partes establecieron y no en relación con la equivalencia objetiva en términos económicos.

Los riesgos se pueden clasificar en 3 grandes grupos, según el período en que pueden materializarse: riesgo de la etapa pre-contractual, riesgo de la etapa contractual hasta la finalización de la obra y entrega y recepción por el comitente, y riesgo de la etapa contractual posteriores a la entrega.

En el contrato habrá que proponer reglas simples y establecerlas por escrito respecto de cómo deberá entenderse la conducta entre ambas partes durante las negociaciones; dónde se llevarán a cabo; quién asumirá la responsabilidad en caso de hechos que causen daños con causa o con motivo de la celebración de las negociaciones; por cuenta de quién correrán los

gastos que efectúe cada una de las partes; cuáles serán las consecuencias en caso de que no haya acuerdo y no pueda celebrarse el contrato.

Según PODETTI (2004) es importante no caer en tipificaciones y basarnos en contratos tipos, sino que por el contrario, para cada obra de construcción en particular se debe tener en cuenta y evaluar el riesgo, el cambio de objeto, el plazo, el precio, responsabilidades, garantías y otros elementos que se consideren necesarios.

PODETTI (2004) identifica los sistemas de ejecución de contratos de obra a través de la determinación del objeto, clasificándose en cinco grandes grupos:

A. de contratación:

1. sin contrato,
2. con contrato único (en inglés Engineering, Procurement and Construction - EPC),
3. con contrato separados,
4. con contrato principal de organización y administración, y contratos separados.

B. de determinación de alcance del objeto:

1. obra completa,
2. llave en mano: el objeto en este caso pasa a un grado superior, precisa de todo lo necesario para funcionar,
3. rendimiento garantizado: el oferente garantiza, además de toda la construcción, el rendimiento por cierto período de tiempo (ej. planta eléctrica),
4. producto en mano: no se promete una obra sino un producto o resultado.

C. de determinación del precio:

1. ajuste alzado,
2. precios unitarios,
3. costos más beneficios.

D. de pago del precio.

E. de financiación .

### 3.2.3 SEGUROS

Otro factor a tener en cuenta para prevenir riesgos es contar con seguros, éstos deben ser solicitados por pliegos y contratos, pueden ser: Seguros Todo Riesgo de Construcción (TRC), Seguros Todo Riesgo de Montaje (TRCM) y Seguros con cláusulas especiales LEGS (LEG 2 y LEG 3).

Según PODETTI (2004) el seguro es un excelente instrumento de mitigación de los riesgos de construcción de obras. Existen dos tipos principales de seguros aplicables a esta actividad, los que cubren riesgos que afectan a los bienes o a las personas llamados seguros de riesgo y los que analizan el cumplimiento de las obligaciones de la otra parte llamados “seguros de caución”. En el primer caso quien toma el seguro se compromete a pagar un precio comúnmente denominado “prima”, a quién lo extiende, el asegurador, a fin de que, en caso en que se produzca un hecho fortuito o incierto - el siniestro -, en un período determinado, éste pague una suma de dinero o se haga cargo del resarcimiento de los daños que el hecho provoque. En el segundo caso, el asegurador, también mediante el pago de un precio o prima, se convierte en el fiador del cumplimiento de las obligaciones por el comitente o por el constructor y se compromete a pagar una determinada suma de dinero en caso que el incumplimiento se produzca. Con los seguros de caución pueden afianzarse, en consecuencia, las obligaciones de garantías otorgadas por cada una de las partes a la otra. Su funcionamiento es semejante a las fianzas bancarias.

La indemnización que paga el asegurador no proviene de su capital, sino de las primas que pagan los demás aseguradores que han tomado seguros para mitigar el mismo riesgo. Por lo tanto, el asegurador es un mero intermediario entre la masa de asegurados sujetos al mismo riesgo, de quienes perciben las primas, y el afectado por el siniestro, a quién debe indemnizar, pagar o responder. De este modo, el seguro requiere un conjunto de personas sujetas a riesgos similares y una empresa de seguros que ofrezca a ese conjunto contratos de seguro y determine la prima que cada cual deberá pagar. El asegurador deberá obtener un número suficiente de seguros y cobrar efectivamente las primas de modo de poder pagar el seguro a quien afronte la materialización del riesgo asegurado.

La eficacia para que los seguros cubran los riesgos que deben afrontarse en la actividad de la construcción dependerá de la seriedad, eficacia y solvencia de la compañía aseguradora, del texto del contrato o póliza de seguro, del cumplimiento de los requisitos previstos para la denuncia del siniestro, de los elementos de juicio acreditante de sus causas y extensión de los reaseguros (seguro del propio seguro) o sistemas de coaseguros (reparto de riesgos y primas entre compañías de seguros) que puedan obtener u organizar los aseguradores que operan en plaza en que se ejecutara la obra. El precio o prima se determina por diversos factores entre los que cabe señalar: a) el riesgo asumido, b) el plazo por el cuál se asume ese riesgo, c) el



monto de las indemnizaciones que eventualmente deben pagarse, lo que en muchos casos se establece anticipadamente mediante un valor asegurado y d) los gastos administrativos y beneficios calculados por el asegurador.

a) Principales modalidades adaptadas de los contratos de seguros en riesgo de la industria de la construcción:

El empleo del seguro en la ejecución de proyectos ha originado una serie de modalidades o prácticas comunes, la contratación de los seguros se encuentra a cargo del constructor, con obligación de informar al comitente, tanto de los alcances de la construcción como del pago de las primas. Sin embargo, en algunos casos, el comitente toma el seguro "TRC" y el Responsabilidad Civil General (RCG). Es frecuente asimismo requerir que la compañía de seguros esté entre las más solventes de la plaza donde se va a ejecutar la obra, exigir su aprobación por el comitente antes de contratar los seguros y requerir también la aprobación previa del texto de las pólizas. Los seguros que actualmente se exigen a los constructores son TRC, TRCM, RCG y cobertura respecto a accidentes de trabajo.

El costo de los seguros representa aproximadamente entre el 1% y el 1,5% del precio de un contrato de construcción, dicho porcentaje varía en función de la magnitud de los riesgos que deben cubrirse, la experiencia y habilidad de la empresa constructora, la mayor o menor cantidad de exigencias que se requieran a la compañía aseguradora, el precio del contrato, el precio de los bienes a ser protegidos, el plazo de vigencia de los seguros, la exigencia y monto de las franquicias, la solvencia de la compañía aseguradora.

b) Diferentes tipos de seguros de riesgos utilizados en contratos de construcción:

El TRCM que cubre los daños materiales causados durante la construcción o la obra con anterioridad a la recepción provisoria.

El RCG cubre los daños materiales e inmateriales causados a terceros.

El TRO (Todo Riesgo Operativo) que cubre los daños materiales que puedan sufrir todos los bienes fijos del constructor, estén o no siendo utilizados.

El Transporte de Equipos (TE) que cubre los daños causados a los equipos del constructor durante su transporte hacia o desde la obra ya sea en forma marítima, aérea o terrestre.

RCA (Responsabilidad Civil Automotriz) que cubre los daños causados por y a vehículos o equipos móviles del constructor que estén o no en operación.

Riesgo de Trabajo (RT) cubre los daños causados al personal como consecuencia de un accidente o enfermedad profesional.

Riesgo de Vida (RV) que cubre la muerte o incapacidad del personal por cualquier causa.

Errores y Omisiones de Diseño (EMD) cubre la responsabilidad civil profesional por errores. Es utilizado por las empresas de consultoría e ingeniería de obras de envergadura.

Multas y Penalidades (MP) cubre las eventuales multas que se puedan aplicar al constructor.

Responsabilidad Civil por Ruina (RCR) cubre la ruina o amenaza de ruina según los plazos de garantía establecidos por los códigos civiles a partir de la recepción provisoria de la obra.

El TRC según el Banco de Seguros del Estado (BSE) (2017) dice que se contrata para cubrir toda clase de edificios y construcciones civiles de ingeniería, y ofrece protección contra los riesgos que pueden amenazar la obra en construcción.

La póliza proporciona cobertura para todos los riesgos básicos por pérdidas físicas o daños a la propiedad asegurada, sujeto a que tal pérdida o daño tengan una naturaleza súbita y accidental.

Considerando que cada obra tiene sus particularidades, el BSE, a través de su personal especializado, aconsejará al asegurado sobre aquellos riesgos complementarios que es necesario agregar a la cobertura básica, diseñándose de esta forma una protección "hecha a medida".

Cobertura.

Los principales riesgos cubiertos son:

- Catastróficos o de la naturaleza. Huracanes, Tornados, Tempestades, Inundaciones, Terremoto, Corrimiento de tierras.
- Otros peligros. Incendio y explosión, robo y hurto de materiales, derrumbe o daños a la estructura originados por variadas causas.

Considerando que la mayor parte de los proyectos de construcción incluyen algunos elementos de montaje de maquinaria, siempre y cuando estos trabajos sean de naturaleza secundaria, también están cubiertos por el seguro. En caso contrario, deberá realizarse un seguro específico de Todo Riesgo Montaje (TRM).

Partes aseguradas.

En la mayoría de los casos, se asegura el proyecto en su totalidad. Por lo tanto, las partes aseguradas (propietarios o empresarios, contratistas y subcontratistas) son considerados como una sola figura: el co-asegurado.

Suma asegurada.

La suma asegurada es el valor previsto de los trabajos, incluyendo materiales, salarios, transporte, gastos de aduana e impuestos, y el valor de cualquier material o labor suplementaria a la principal. Este monto se denomina usualmente "valor total del contrato".

Durante el curso de construcción, el Asegurado avisará al Banco cualquier cambio en la suma asegurada. Una vez completado el proyecto, la inversión final total es declarada, realizándose los posibles ajustes del precio provisorio que fue inicialmente cobrado sobre la base del valor del contrato anticipado.

La cobertura complementaria comúnmente incluida en el seguro, es: Responsabilidad Civil frente a terceros.

Los contratistas y sub-contratistas generalmente cuentan con pólizas de Responsabilidad Civil renovables anualmente, para proteger sus actividades de construcción contra las reclamaciones efectuadas por terceras partes.

Sin embargo, y con el fin de proteger a los asegurados en su conjunto, se ofrece la posibilidad de contratar una cobertura adicional limitada a estos trabajos.

Adicionales.

Coberturas complementarias:

Mantenimiento, Remoción de Escombros, Propiedad Existente, Planta y Equipamiento de Contratista, Gastos de Aceleración, Riesgos del Fabricante, Responsabilidad Civil Cruzada, Vibración, Remoción o Debilitamiento, Cables Subterráneos, Maquinaria Usada, entre otras.

Dentro del seguro las cláusulas especiales LEG 2/96 dice que los aseguradores no serán responsables por todos los costos que se estimen necesarios debido a defectos en el material, mano de obra, diseño, planos o especificaciones. Sin embargo, de ocurrir un daño físico que no se encuentre de otra manera excluido por esta Póliza, y dicho daño afecte a cualquier porción de la Propiedad Asegurada que contenga cualquiera de los defectos mencionados, el costo de reemplazar o rectificar que se encuentra por el presente excluido, es aquel costo total en el cual se hubiera incurrido si el reemplazo o la rectificación de la Propiedad Asegurada se hubiera llevado a cabo inmediatamente antes de la ocurrencia del daño.

Para los propósitos de esta Póliza y no únicamente con respecto a esta exclusión, queda entendido y convenido que cualquier porción de Propiedad Asegurada no se considerará como

dañada únicamente por virtud de la existencia de cualquier defecto de material, mano de obra, diseño, plano o especificación.

El LEG 3 dice que esta póliza excluye:

1) Los costos necesarios para reemplazar, reparar o rectificar cualquier Propiedad Asegurada la cual presente un defecto en el diseño, plano, especificación, materiales o mano de obra.

2) Pérdida o daño a la Propiedad Asegurada ocasionada para facilitar el reemplazo, reparación o rectificación de dicha Propiedad Asegurada defectuosa .

Pero de producirse un daño a la Propiedad Asegurada (distinto al daño definido en 2) anterior) como resultado de dicho defecto, esta exclusión estará limitada a todos aquellos costos adicionales de trabajo y aquellos costos adicionales en los que se deba incurrir para mejorar el diseño, plano, especificación, materiales o mano de obra originales.

Para los propósitos de esta Póliza y no meramente de esta exclusión, la Propiedad Asegurada no se entenderá como perdida o dañada únicamente entenderá virtud de la existencia de cualquier defecto en el diseño, plano, especificación, materiales o mano de obra en la Propiedad Asegurada o cualquier parte de ella.

### **3.2.4 FORMA DE PAGO DE LA OBRA**

Según PODETTI (2004) existen diversos sistemas para establecer los adelantos, anticipos o pagos a cuenta que pueden combinarse entre sí:

- a) Por cuotas fijas durante la ejecución de la obra e independiente del avance de los trabajos; por lo común se pactan por períodos de tiempo.
- b) Conforme al avance de obra, a cuyo fines se mide mensualmente (o en el período de tiempo que se haya acordado) el avance de lo trabajos y se paga lo realizado de manera efectiva hasta el momento de la medición.
- c) Por hitos que se establecen en el contrato (por ejemplo en la construcción de una central generadora de electricidad, la iniciación de la obra, la llegada de los equipos a la obra, el inicio del montaje, el complemento mecánico, la entrega de operación comercial), cuyo cumplimiento obliga al pago de determinadas partes del precio.

### 3.2.5 CRONOGRAMA

El cronograma de actividades o de obras es una pieza clave para el proyecto, no importa cual es el tamaño o el alcance del mismo, con este cronograma a la vista el gerenciadador puede conocer el momento en que cada actividad se debe llevar a cabo, las tareas que ya se han completado y la secuencia en que cada fase tiene que ser ejecutada.

Lo que se debe tener en cuenta es que la precisión de esta herramienta de gestión de proyectos dependerá de las actualizaciones que a menudo se deben realizar, debido a la incertidumbre que tienen todos los proyectos, por este motivo el cronograma se deberá revisar periódicamente de forma simultánea al transcurso de la ejecución de la obra. Revisar el contenido del cronograma, ponerlo al día es necesario ya que siempre pueden identificarse nuevos riesgos o surgir la necesidad de cambios. Esta herramienta en manos del gerenciadador se transforma desde una simple visión a un plan minucioso y basado en el tiempo.

El cronograma de obras cuenta de muchas ventajas para la gestión, en que cabrían destacar:

- proporciona una base para supervisar y controlar el desarrollo de todas y cada una de las actividades que componen el proyecto.
- ayuda a determinar la mejor manera de asignar los recursos para que se pueda alcanzar la meta del proyecto de manera óptima.
- facilita la evaluación de manera que cada retraso pueda afectar a otras actividades y los resultados finales.
- permite averiguar dónde van a quedar recursos disponibles, de forma que se pueda proceder a su resignación a otras tareas o proyectos.
- sirve de base para realizar un seguimiento del progreso del proyecto.

Intentar gestionar un proyecto sin apoyarse en una herramienta como el cronograma de actividades es casi como avanzar con los ojos cerrados, ya que sin la visión y claridad que aporta la toma de desiciones pierde objetividad y el nivel de riesgo aumenta considerablemente.

El gerenciadador debe aplicar una metodología de gestión de proyectos, la más conocida y empleada es el diagrama de Gantt, que facilita la creación de una representación gráfica de las actividades del proyecto, el tiempo que se tarda en completarlas y la secuencia en que se deben ejecutar.

Según el BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO (BID) (2016) un cronograma es más que la suma de los tiempos de las actividades de un proyecto ya que presenta toda la secuencia lógica y los pasos a seguir para entregar los resultados. Dado que el tiempo es una

de las restricciones más importantes de un proyecto, el cronograma se convierte en la herramienta que el gerente usará con más frecuencia, no solo para controlar el avance del proyecto, sino también para realizar el análisis y los ajustes que sean necesarios. El proceso de creación del cronograma es iterativo, no lineal. A medida que se crea el cronograma, el gerente y el equipo del proyecto comprenden mejor las relaciones, las dependencias y la duración total del proyecto. Esto permite analizar la información para optimizar el uso de los recursos y cumplir con las metas dentro del plazo previsto.

La técnica para la realización del cronograma se basa en la estimación de la duración de las actividades, este proceso no tiene por qué ser algo complejo, las técnicas más frecuentes para estimar la duración de actividades son:

- *Juicio de expertos*: Teniendo en cuenta experiencias anteriores, los expertos pueden proporcionar tiempos estimados de duración. Esta técnica es útil para aquellas actividades en las que el equipo tiene bastante experiencia en proyectos similares.
- *Estimación análoga*: Es una técnica para estimar la duración o el costo de una actividad o un proyecto mediante el uso de información histórica. Utiliza parámetros de un proyecto anterior similar, tales como la duración, el presupuesto y la complejidad. Por lo general, es menos costosa respecto a las otras técnicas, pero también tiene menor exactitud.
- *Estimación paramétrica*: Utiliza una relación estadística entre datos históricos y otras variables para calcular una estimación de los parámetros de una actividad tales como el costo y la duración; por ejemplo, horas hombre o metros cuadrados. Con esta técnica se pueden obtener niveles más altos de exactitud, pero toma más tiempo y es más costosa.
- *Estimación por tres valores*: Puede lograrse una mayor exactitud tomando en consideración el grado de incertidumbre y el riesgo. Para determinar esta estimación, se utiliza el método PERT (Project Evaluation and Review Technique), el cual calcula la duración esperada utilizando la siguiente fórmula:  $De = (O + 4M + P) / 6$  Donde: De = duración esperada, O = duración optimista, M = duración más probable (realista), P = duración pesimista. Adicionalmente, para desarrollar los estimados de duración, se deben incluir reservas por contingencias o de tiempo. Estas pueden ser un porcentaje de la duración estimada de una actividad, una cantidad fija de períodos de trabajo o pueden calcularse por medio del análisis de los riesgos del proyecto. A medida que se disponga de mayor información, la reserva puede usarse, reducirse o eliminarse. La contingencia debe identificarse claramente en el cronograma o incluirse como un factor en las actividades cuya duración, a juicio del equipo del proyecto, es difícil estimar con precisión.

El cronograma presenta la duración de todas las actividades y la duración total del proyecto, puede tener varias redes formadas por las relaciones de dependencia entre actividades. La red con la duración más larga es la ruta crítica del proyecto. La duración de un proyecto puede optimizarse mediante la aplicación de técnicas como la intensificación de actividades o la realización de actividades en paralelo (ejecución rápida).

### **3.2.6 REUNIONES DE OBRA**

De acuerdo a SALAZAR et al. (2018) la gestión de las reuniones de planificación semanales tienen una frecuencia de cada 7 días. Sin embargo, es necesario realizar al menos 2 reuniones semanales para aumentar la confiabilidad de los niveles de planificación y desempeño mediante la gestión de compromiso.

Es fundamental profundizar en los indicadores de medición de la perspectiva acción lingüística para generar compromisos fiables que reduzcan la incertidumbre en los proyectos. Generar herramientas para medir, controlar y mejorar la gestión de compromisos en reuniones de planificación semanales permitirán una rápida retroalimentación para obtener resultados de mejora en relación a la práctica actual de las reuniones de obra, de acuerdo a lo concluido por la investigación realizada por SALAZAR et al (2019).

Las reuniones de obra tienen como objetivo incluir a todos los participantes con el propósito de tomar decisiones de forma colectiva.

Colaboran en la eficacia y debe ser un compromiso de todos los involucrados, y por tal motivo se determinó como una herramienta fundamental de gestión, ya que sin el diálogo permanente y franco entre la partes es difícil lograr una gestión adecuada durante el proceso de la obra. En primer lugar se debe establecer una vía de comunicación a los participantes de dónde y cuando serán estas reuniones, y cuáles serán los temas a tratar: será enviado por mail a cada participante donde cada uno responderá con los asuntos a tratar de acuerdo a su rubro, y serán centralizados en una sola persona que lleve adelante la orden del día. Para evitar las extensiones en el tiempo cada integrante debe plantear su tema en forma resumida, y obviando distracciones, expondrá los temas con rigor técnico.

Es importante que las reuniones se realicen al inicio de la jornada, a primera hora de la mañana y no tenga más de 3 horas de duración. Estas reuniones deben ser lo más efectivas posibles para evitar la pérdida de tiempo o distracciones de aquellos que no estén directamente involucrados, sin embargo es necesario que estén presentes todos ya que estos pueden colaborar en ideas para la resolución de problemas.

En caso de que la reunión se prolongue, es conveniente otorgar una pausa de 5 o 10 minutos para poder despejarse y posteriormente continuar con la reunión.

Antes de finalizar, se deberá dejar un tiempo para plantear temas que surjan o temas que estén fuera de la orden del día. Se deberá concluir dejando registro en un acta o minuta de reunión con los temas tratados, cuáles fueron sus soluciones, quiénes son los responsables de resolverlos, entre otros. La minuta será realizada por un secretario o persona que este designada de antemano y será enviada por mail (o la vía de comunicación convenida) a todos los participantes dentro del mismo día, evitando así confusiones y será un recordatorio fidedigno de lo temas tratados.

El fin último de una reunión efectiva es el de decidir cooperativamente, mediante una clara comunicación de todos los involucrados, que se comprometen a tomar acción.



## 4. METODOLOGÍA

---

Este capítulo describe el método de investigación utilizada en esta tesis. Se comenzó con la estrategia de investigación adoptada, posteriormente se detalla el diseño, la descripción de las tareas y actividades desarrolladas para la recolección y análisis de datos.

### 4.1 CONSIDERACIONES GENERALES

Un proyecto de investigación, conforme a YIN (2009), abarca el desarrollo de una estrategia y la toma de decisiones vinculadas por una lógica, que comenzado por los datos recolectados, enlaza las preguntas iniciales con las conclusiones obtenidas dentro de un marco teórico. Cada estudio empírico tiene una campana implícita y otra explícita, un proyecto de investigación.

MARTINEZ (2006) expresa que las investigaciones científicas pueden ser realizadas a partir de metodologías cuantitativas o cualitativas. La primera consiste en el contraste de teoría(s) ya existente(s) a partir de una serie de hipótesis surgidas de la misma, siendo necesario obtener una muestra, ya sea en forma aleatoria o discriminada, pero representativa del fenómeno objeto de estudio. Por lo tanto para realizar estudios cuantitativos es indispensable contar con una teoría ya construida. Mientras que la metodología cualitativa consiste en la construcción o generación de una teoría a partir de una serie de proposiciones extraídas de un cuerpo teórico que servirá de punto de partida al investigador, para lo cual es necesario extraer una muestra teórica conformada por uno o más casos.

Según BOGDAN y BIKLEN (1982) toda investigación cualitativa presenta las siguientes características:

- los datos que se utilizarán son comprendidos por el investigador puesto que es quién los ha elaborado.
- los datos recolectados son predominantemente descriptivos, en forma de palabras o de figuras.
- existe mayor preocupación por el proceso que por el producto.
- el análisis de datos tiende a seguir un proceso inductivo, de manera que las abstracciones son construidas para ser agrupadas.

HERNANDEZ; FERNANDEZ; BAPTISTA (2006) apud KERLINGER y LEE (2002) sostienen que en términos generales, no consideran que un tipo de investigación - y los consecuentes diseños - sea mejor que otro. Todos los modelos a seguir para una tesis de investigación pueden ser relevantes y necesarios, ya que tienen un valor propio. Cada uno posee sus características, y la decisión sobre qué clase de investigación y diseño específico se ha de seleccionar o desarrollar depende del planteamiento del problema, el alcance del estudio y las hipótesis formuladas.

## **4.2 ESTRATEGIA DE LA INVESTIGACIÓN**

La estrategia metodológica aplicada en esta investigación es el “estudio de caso” con recolección de datos.

De acuerdo a GIL (2002) sostiene que el “estudio de caso” es caracterizado por el estudio profundo y exhaustivo de uno o pocos objetos de manera que permita un conocimiento amplio y detallado del mismo. El estudio de caso suele ser utilizado en estudios pilotos para aclarar el campo de investigación en sus múltiples aspectos. Sus resultados de modo general son presentados en forma abierta, o sea, en condición de hipótesis y no de conclusiones.

El mismo autor, establece que el proceso de recolección de datos en el estudio de casos es más complejo que en el de otras modalidades de investigación, porque se utiliza más de una técnica. La obtención de datos se da por diversos procesos y es fundamental garantizar la calidad de los resultados obtenidos. Estos resultados obtenidos en el estudio de casos deben ser provenientes de la convergencia o de la divergencia de las observaciones logradas de los diferentes procedimientos. De esta manera es cómo se logra comprobar la validez del estudio, evitando que quede subordinado a la subjetividad del investigador.

La utilización de múltiples fuentes de evidencia constituye el principal recurso de que se vale el estudio de caso para comprobar la veracidad de sus resultados.

Según MARTINEZ (2006) apud CHETTY (1996) el método de estudio de caso es una herramienta valiosa de investigación, y su mayor fortaleza radica en que los datos pueden ser obtenidos desde una variedad de fuentes, tanto cuantitativas como cualitativas, esto es, documentos, registros de archivos, entrevistas directas, observación directa, observación de los participantes e instalación u objetos físicos.

MARTINEZ (2006) apud EISENHARDT (1989) concibe el estudio de caso contemporáneo como “una estrategia de investigación dirigida a comprender las dinámicas presentes en contextos singulares”, combinando diferentes métodos para la recolección de evidencia cualitativa y o cuantitativa con el fin de describir, verificar o generar teoría.

El “estudio de caso” se define según YIN (1994) como una investigación empírica de un fenómeno contemporáneo en un contexto de vida real, en el cual el investigador tiene poco control sobre los eventos y donde no hay un claro límite entre el fenómeno y el contexto en que está siendo desarrollado. Debe ser utilizado cuando se tienen preguntas de investigación del tipo cómo o por qué.

CHETTY (1996) indica que el método de estudio de caso es una metodología rigurosa que:

- Es adecuada para investigar fenómenos en los que se busca dar respuesta a cómo y por qué ocurren.
- Permite estudiar un tema determinado.
- Es ideal para el estudio de temas de investigación en los que las teorías existentes son inadecuadas.
- Permite estudiar fenómenos desde múltiples perspectivas y no desde la influencia de una sola variable.
- Permite explorar en forma más profunda y obtener un conocimiento más amplio sobre cada fenómeno, lo cual permite la aparición de nuevas señales sobre los temas que emergen.
- Juega un papel importante en la investigación, por lo que no debería ser utilizado meramente como la exploración inicial de un fenómeno determinado.

Teniendo en cuenta lo expresado en el presente capítulo, la estrategia de la investigación utilizada es el estudio de caso, en el que se realizará un exámen detallado de un escenario, un tema, un archivo de documento y/o un evento en particular.

En esta tesis se analizó el siguiente caso de estudio: un edificio implantado en una ciudad del norte del país, con destino a hotel, con una superficie de 13.000 m<sup>2</sup>. Se trata de una obra de arquitectura ya concluida, por lo que se contaba con toda la documentación gráfica, escrita, de control y de seguimiento (informes mensuales, planillas y certificados de avance, minutas de reunión, protocolos de observación directa) que representan las fuentes de evidencia; puesto que el investigador fue participante directo en el proceso de producción de gestión de la obra, formando parte del equipo de gerenciamiento. En consecuencia, el estudio de caso de este trabajo se inscribe en una investigación teórica y no interviniente.

Es importante aclarar que fue firmado un contrato con una cláusula de confidencialidad (ver Anexo I) que no permite divulgar ningún tipo de información vinculada a la obra.

En cuanto a las referencias, el estudio de caso se basa en autores que realizaron investigaciones con algunas semejanzas a los planteados en esta tesis, sirviendo como punto de partida para la elaboración de esta investigación (PAJARES, LOPEZ, 2007).

### 4.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Para MARTINEZ (2006) antes de iniciar la fase de obtención empírica de datos, deben especificarse las principales tareas que han de realizarse.

Tomando en cuenta lo anterior, se diseñó la figura 4.1, señalando la tareas y/o temáticas abordadas en la presente investigación, junto con el proceso de revisión bibliográfica, a lo largo de todo el período de estudio.

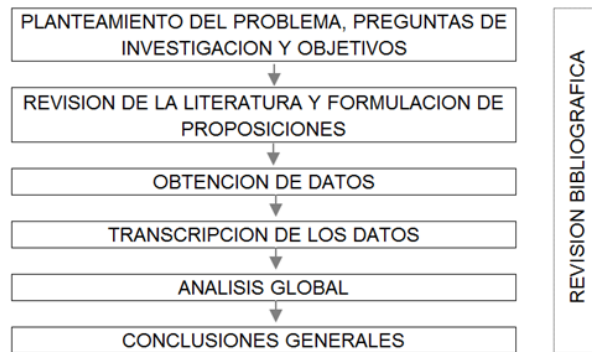


Figura 4.1 - Tareas a desarrollar en la tesis de investigación. (Elaboración propia).

Según BOGDAN y BIKLEN (1982) el diseño de la investigación es un plano de cómo el investigador debe llevar adelante su trabajo, estos autores agregan que las decisiones del diseño, en caso de estudios cualitativos, son tomadas durante todo el proceso de la investigación.

En esta tesis se realizó un estudio de caso, analizando los indicadores de avances y costos; y por otra parte, adaptando el método EVM con la estructura de red, el riesgo, la flexibilidad y el factor P. Siguiendo el artículo de PAJARES; LOPEZ (2007).

El diseño de la investigación se desarrolló en 5 fases esquematizadas de acuerdo a la Figura 4.2 y su correspondiente método de abordaje:

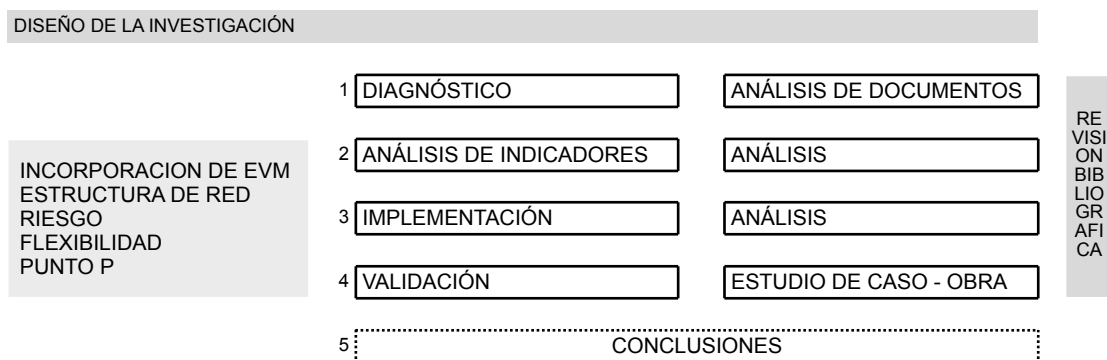


Figura 4.2 - Diseño de la investigación. (Elaboración propia).

Fue posible contar con la información gráfica, memorias escritas, costos, avances de obra, control, cronogramas, plan de trabajos, y otros, siendo parte del diagnóstico. Con la información disponible se ha pretendido incorporar a los gráficos de avance (tiempo y costos) el método EVM con la estructura de red, el riesgo, flexibilidad y el factor P.

Como resultado, se obtuvo información más rigurosa para el análisis y fueron expuestas las ventajas y desventajas para la toma de decisiones.

Con el objetivo de proporcionar un fundamento teórico, la revisión bibliográfica fue realizada durante todo el proceso de elaboración de la investigación.

En la primera fase, se han analizado los documentos de la obra, los que proporcionaron un sustento empírico en el diagnóstico del estudio de caso.

Luego de realizado un exhaustivo análisis en el diagnóstico; la segunda fase trató de identificar y separar los indicadores existentes en la obra, los que aportaron una rápida visión de la situación.

En la siguiente etapa, se incorporaron los nuevos indicadores que complementan las gráficas de situación:

- el método EVM
- la estructura de red
- el riesgo
- la flexibilidad
- el factor P de Lipke

La validación de éstos nuevos indicadores fueron la clave para evaluar la utilidad y forma de aplicación en los futuros gerenciamientos de obras.

Durante la fase final, luego de la incorporación de los indicadores, fueron asociados los datos obtenidos los que condujeron al investigador al desarrollo de las conclusiones.

#### **4.4 DESCRIPCIÓN DE LAS TAREAS DE INVESTIGACIÓN**

La investigación plantea adaptar indicadores de gestión para las obras de arquitectura en el contexto uruguayo, para ello se utilizaron las tablas del modelo tradicional de costo vs. tiempo mostrando las curvas S del avance planificado y avance real, estas no agregan datos de relevancia que permitan al gerenciamiento tomar medidas ante situaciones de desvíos, por tal motivo se incorporaron a la tabla indicadores que colaboren a las tareas del gerenciamiento

aplicando herramientas claras y prácticas para el control y resoluciones de problemas que se presentan diariamente en las obras.

#### **4.4.1 DIAGNÓSTICO**

En esta etapa se profundizó en los indicadores de desempeño de la obra elegida. Para ello, se tomó como objetivo la identificación de los indicadores, extraídos del área de gerenciamiento, buscando identificar cómo fueron aplicados los procedimientos y las medidas de organización. Posteriormente, se evaluó su utilización para gestionar la producción de la obra.

Según YIN (2001) son necesarios varias fuentes de evidencia, ya que estas son complementarias y deben ser utilizadas en la mayor cantidad posible, porque contribuye en aumentar la confiabilidad de la investigación.

A continuación se describen las fuentes de evidencia utilizadas en esta investigación:

Se realizó un análisis detallado de la documentación relativa al control y seguimiento existente de la obra objeto de estudio, según YIN (2001) las ventajas de la documentación es que constituye una fuente estable, que puede ser revisada varias veces y es exacta por contener nombres, referencias y detalles de un evento. En esta investigación fueron analizados las minutas de reunión, documentos de la observación directa e informes que asocian los avances físicos de acuerdo a los certificados y los indicadores a los procesos operacionales de la obra.

La observación del investigador también es aplicada en este caso de estudio a través de la participación, permitiendo observar la realidad desde el punto de vista interno del estudio de caso y no desde un punto de vista externo.

#### **4.4.2 ANÁLISIS DE INDICADORES**

Esta etapa consistió en la presentación y discusión de los datos obtenidos en obra, dividida en tres instancias de análisis:

Primero, se definieron los indicadores para luego determinar su análisis. En este procedimiento, se constató que los datos proveídos por el gerenciamiento de obra, no aportaban relevancia para el ajuste y mejora de los resultados finales, puesto que éstos solamente quedaban representados gráficamente, sin aportar soluciones estratégicas a los problemas que surgieron durante el transcurso de la obra.

Segundo, se incorporó a los indicadores existentes, analizados en el punto anterior, el método EVM, donde se integró además, el alcance, el tiempo y el costo para obtener tendencias y pronósticos, lo que permitió de forma contundente planificar y establecer una línea base para medir el desempeño del proyecto en ejecución. Esto fue logrado mediante un cruce gráfico de información con los datos de costo y de tiempo con PV (Valor Planificado), AC (Costo Real) y EV (Valor Ganado).

Tercero y último, consistió en adaptar a la gráfica del método EVM los siguientes indicadores:

- la estructura de red,
- el riesgo,
- la flexibilidad y
- el factor P.

para lograr lo planificado en obtener un equilibrio entre eficiencia esperada y riesgo, y resultados de mejora para el proyecto en ejecución. Se implementó cruzando la gráfica de EVM con la red de grafos, es decir, se ajustó la red de tareas aplicadas a las variantes de riesgo y flexibilidad, atendiendo aquellos hitos que pudieron generar conflictos.

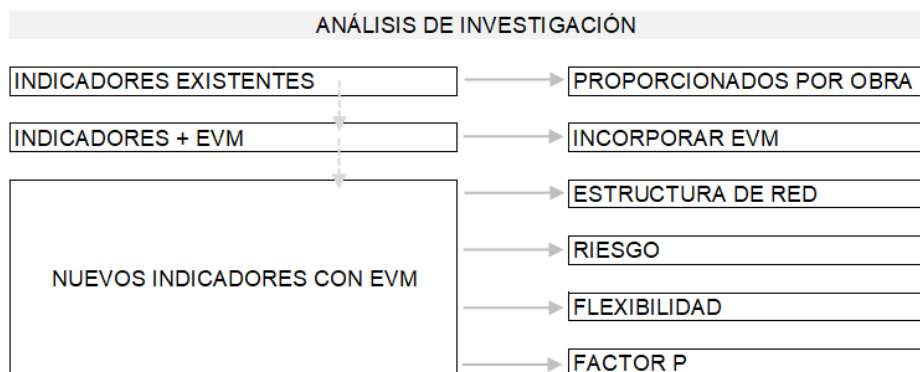


Figura 4.3 - Análisis de la investigación. (Elaboración propia).

#### 4.4.3 IMPLEMENTACIÓN

Luego del análisis de los indicadores existentes y de procesada la información, esta etapa consistió en identificar los indicadores más relevantes para incorporar nuevos modelos que no fueron implementados en obra.

Mediante una elaboración de procedimientos, fue llevado a cabo el cruce de información existente, lo que permitió finalmente la implementación de este estudio de investigación, desglosado en 5 etapas:

1- Identificar en las gráficas los datos relevantes, eliminando toda aquella información que no fue de ayuda para la toma de decisiones en la obra.

2- La gráfica pulida, denominada "gráfica inicial", donde se estudian por separado los datos de los indicadores existentes.

3- Por separado, se realizaron gráficas complementarias, cargadas con nuevos indicadores aún no empleados en la obra, que darán un panorama visual y rápido de lo que pretende estudiar cada uno, estos son: el método EVM con sus ecuaciones, la estructura de red, el riesgo, la flexibilidad y el factor P.

4- Graficar los nuevos indicadores por separado, para identificar el aporte real de cada uno de ellos, para luego cruzarlos con la gráfica inicial. Mediante este cruce se logró identificar los puntos más débiles, es decir, las zonas de conflicto o desvío.

5- Superpuesta la información de cada una de las gráficas estudiadas de forma individual, fueron identificados los puntos de mayor riesgo para el proyecto y dónde se debe hacer hincapié en el estudio del gerenciamiento, para actuar de forma rápida y precisa mediante la toma de decisiones adecuadas, logrando así establecer planes de acción para el cumplimiento y resolución en los factores de conflicto.

Para la elaboración de todas las tablas y gráficas se utilizó los programas de software EXCEL, NUMBER y PROJECT.

#### **4.4.4 VALIDACIÓN**

En esta etapa de validación se analizó críticamente el sistema de indicadores empleado en la obra seleccionada y la incorporación de nuevas variables al sistema.

Este análisis fue realizado a partir de los datos recolectados de acuerdo a lo descrito en el capítulo anterior. A partir de este análisis, se buscó identificar los principales puntos fuertes y oportunidades de mejora en el sistema de indicadores.

La validación del sistema fue desarrollada en cuatro etapas: la primera, se trató de la selección de indicadores existentes, adaptándolos a los procedimientos ocurridos durante el transcurso de la obra, cuyas fuentes de evidencia fueron obtenidas a través de la observación y el análisis de los documentos.

En una segunda etapa se realizó la vinculación de los indicadores existentes con el método EVM, aquí las variables fueron la estructura de red, la flexibilidad, el riesgo y el factor P, cuya



fuentes de evidencia fueron el análisis de documentación existente complementado con la revisión bibliográfica.

En la tercera etapa, se dibujó el cruzamiento de los indicadores al nuevo modelo, donde la variable principal es el riesgo, y la fuente de evidencia fue obtenida mediante la revisión bibliográfica y fundamentalmente, la observación del investigador.

En la cuarta y última etapa, fueron obtenidos los resultados, cuyas variables son la evolución del sistema y la reflexión sobre el producto, aquí se utilizó como fuente de evidencia el análisis de las gráficas resultantes y la percepción del investigador.

Estas etapas se basan en COSTA (2003) y se muestra en la Tabla 4.1 - Validación de la investigación.

VALIDACIÓN		
ETAPAS	VARIABLES	FUENTES DE EVIDENCIA
SELECCIONAR INDICADORES EXISTENTES EN OBRA	ADAPTACIÓN DE PROCEDIMIENTOS A LA REALIDAD DE OBRA	OBSERVACIÓN Y ANÁLISIS DE DOCUMENTOS
VINCULACIÓN DE INDICADORES EXISTENTES CON EL METODO EVM	ESTRUCTURA DE RED - FLEXIBILIDAD Y FACTOR P	ANÁLISIS DE DOCUMENTACIÓN EXISTENTE COMPLEMENTADO CON REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA
CRUZAMIENTO DE LOS INDICADORES AL NUEVO MODELO	RIESGO	ANÁLISIS DE DOCUMENTACIÓN - REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y OBSERVACIÓN DEL INVESTIGADOR
RESULTADOS	MEJORAS EN LOS PROCESOS DE INDICADORES EVOLUCIÓN DEL SISTEMA Y REFLEXIÓN SOBRE RESULTADOS	ANÁLISIS DE GRÁFICAS OBTENIDAS Y OBSERVACIÓN DEL INVESTIGADOR

Tabla 4.1 - Validación de la investigación. (Elaboración Propia).

## **5. ESTUDIO DE CASO, PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE DATOS**

---

Habitualmente en el momento de seleccionar una obra de estudio, se presentan dificultades en recoger la información requerida a cerca de la gestión utilizada por la gerencia de obra, sumado a que en nuestro medio, son pocos los trabajos de investigación referente a experiencias propias. La práctica del gerenciamiento de obras surge de la necesidad de establecer un representante activo en los procesos de obra que proteja los intereses del inversor, y al mismo tiempo, sean técnicos especializados en la administración y monitoreo de los procesos de obra.

Las fuentes de evidencias utilizadas fueron el análisis de la documentación gráfica y escrita, certificados de avance y pagos, informes, planillas de costos, avances de obra, observación directa y gráficas de avance en cuanto al plazo y a los costos (se incluyen en anexos los modelos generales utilizados).

La obra de construcción estudiada, como ya se mencionó en el Capítulo 4.2 - Diseño de la Investigación, fue una obra de arquitectura en el interior del país, se trata de un edificio destinado a hotelería y servicios, con una superficie total de 13.000 m<sup>2</sup>.

Se seleccionó la obra debido a que el investigador formo parte del equipo de gerenciamiento, lo cual posibilitó la oportunidad de contar con la información del control gerencial que fueron esenciales para el estudio de esta tesis. Se trabajó con la información de los informes quincenales, informes mensuales y el conocimiento de las tomas de decisiones internas que formaron parte del proceso de ejecución, desde las etapas de las licitaciones hasta la apertura y puesta en funcionamiento de las instalaciones. Para preservar la confidencialidad de los datos de la obra, debido que se trato de una inversión privada, los valores utilizados en la presente investigación fueron ponderados con un porcentaje de aumento, de modo de no emplear los valores pertenecientes al emprendimiento.

## 5.1 DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO DE CASO

Se trata de un proyecto de un edificio implantado en una ciudad de escala media de nuestro país, con destino a hotel y servicios, con una superficie de 13.000 m<sup>2</sup> desarrollado en 8 niveles, distribuidos en 2 subsuelos, planta baja, piso técnico, nivel de amenities, 3 niveles con un total de 66 habitaciones y una azotea transitable para equipos de aire acondicionado y paneles solares. La construcción consiste en una obra nueva que incluye albañilería general con un sistema constructivo tradicional y un complejo sistema de instalaciones (sanitaria, eléctrica, ascensor, incendios, acondicionamiento térmico, corrientes débiles y datos)

Para el desarrollo del proyecto de inversión de la obra actuaron diferentes equipos según las tareas a ejecutar, conforme a lo indicado en el organigrama de la Figura 5.1.

El grupo inversor propietario del proyecto, de acuerdo a su experiencia en inversiones similares, contrató a un equipo gerencial general, como su representante (para todo el proyecto de inversión) integrado por ingenieros, contadores y directores de la empresa propietaria del capital de inversión. Estos tenían a su cargo diferentes equipos para el desarrollo de las tareas previas, durante, y post ocupación del edificio, es decir, operaban como planificadores de inversión, liderando a los equipos de proyecto y ejecución de obra, y al mismo tiempo a los equipos encargados de la puesta en funcionamiento.

El equipo de gerenciamiento de obra del caso de estudio, integrado por arquitectos, ingenieros y auxiliar contable, se encargó de llevar a cabo el contrato principal de obra con la empresa constructora, los diferentes subcontratos, y también la coordinación con el equipo de arquitectos proyectistas y sus asesores. El gerenciamiento de obra fue la responsable por la ejecución y entrega del edificio con las condiciones establecidas para cada equipo, garantizando el correcto funcionamiento y ocupación.

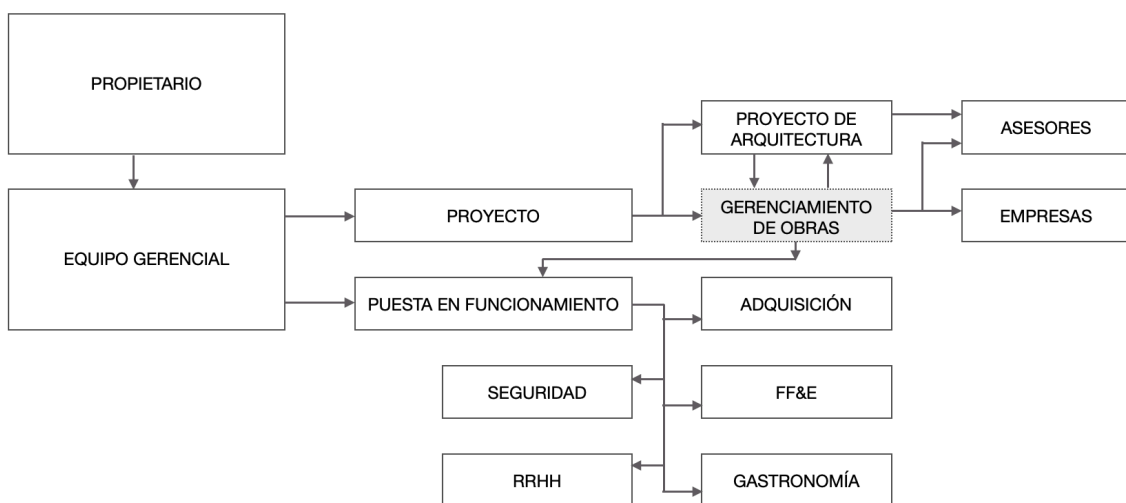


Figura 5.1 - Organigrama de la obra de estudio. (Elaboración Propia).

Se seleccionó junto al equipo gerencial cinco empresas constructoras uruguayas y argentinas, las que fueron invitadas a cotizar en un llamado a licitación cerrado y exclusivo. Para esta licitación se entregó a cada empresa los recaudos gráficos y escritos realizados por el equipo de proyecto y sus asesores, y los pliegos, rubrados y demás documentos necesarios, realizado por el equipo de gerencia de obra.

Fueron contestadas las diferentes consultas que surgieron a lo largo del periodo de cotización. A todas las empresas se les envió las respuestas o aclaraciones aunque no hubiesen realizado consultas, con el fin de que todas tuvieran las mismas consideraciones, para que la gerencia de obra desarrollara una comparativa de precios con idénticos criterios.

Al finalizar el proceso de licitación, se realizó el estudio de las ofertas y se efectuó la contratación de la empresa que logró el mejor precio reuniendo todas las condiciones, plazos y garantías necesarias para la correcta ejecución de los trabajos de acuerdo al pliego de condiciones generales y particulares, enviados en el llamado a licitación.

Una vez seleccionada la empresa constructora se inicia la etapa de firma de contrato, realizada en conjunto con un asesor legal, el equipo gerencial y la gerencia de obra, donde se dejan expresadas las distintas condiciones, responsabilidades y derechos de ambas partes. Además se pactó por escrito que la gerencia de obra realizará el control y seguimiento durante los meses de ejecución y posteriores meses luego de la entrega, lo que implicó que la empresa constructora respondió directamente al equipo de gerenciamiento de obra.

Se realiza y firma el contrato de obra a término del contratista principal que consistió en albañilería, estructura, sanitaria y ascensores; dejando todos los demás subcontratos de instalaciones y equipamientos a llamados licitatorios independientes a cargo de la gerencia de obra.

En los padrones donde se realizó la obra existían construcciones las cuales se debían demoler y que no formaron parte de la licitación para la construcción, para ello el gerenciamiento de obra efectuó un llamado licitatorio a tres empresas de demolición. La empresa adjudicada fue una empresa local que se contrató a término encargada de demoler y entregar el predio limpio para el ingreso de la empresa constructora principal.

Para los distintos subcontratos: eléctrica, incendio, aire acondicionado, cartelería, circuito cerrado de televisión (CCTV), entre otros, se realizó el mismo proceso licitatorio, los mismos criterios de selección y firma de contrato, que los evaluados para la contratación de la empresa madre.

Para el desarrollo de esta investigación se clasificaron contratistas y suministros en el total de la obra. La Tabla 5.1 muestra la incidencia en relación a los costos contratados de cada uno y de acuerdo a estos resultados fueron seleccionados los de mayor incidencia objeto de análisis en esta investigación.

Como resultado de la Tabla 5.1 se analizaron solamente las tareas marcadas en rojo que son: el contratista principal (albañilería, estructura, sanitaria y ascensores), subcontrato 1 (eléctrica), subcontrato 2 (incendio) y subcontrato 3 (aire acondicionado) debido a que estas reflejaron el 78,7% del total de los costos del proyecto, lo cual representa una cifra importante en cuanto a la inversión económica. Cabe indicar que se priorizó para el estudio de esta investigación los rubros vinculados directamente a la obra y no se consideró el FF&E (Furniture, Fixtures and Equipment o en español mobiliario, accesorios y equipamiento) aún teniendo en cuenta que su incidencia fue alta; debido a que no es un rubro relevante en el proceso de ejecución de obra.

	<b>Tarea</b>	<b>Costo UYU</b>	<b>Incidencia %</b>
Tareas preliminares	Desmante, Demolición y Movimiento de tierra	3.000.000	1,4 %
<b>Contratista Principal</b>	Albañilería, Estructura, Sanitaria, Ascensores	136.734.650	65,3 %
<b>Subcontrato 1</b>	Eléctrica	9.187.501	4,4 %
<b>Subcontrato 2</b>	Incendio	8.376.173	4,0 %
<b>Subcontrato 3</b>	Aire Acondicionado	10.415.152	5,0 %
Subcontrato 4	FF&E	28.895.424	13,8 %
Subcontrato 5	Cartelería	2.508.900	1,2 %
Subcontrato 6	CCTV	6.490.000	3,1 %
Subcontrato 7	Corrientes débiles y datos	2.248.900	1,1 %
Varios	Tareas complementarias	1.600.870	0,8 %
	<b>TOTAL</b>	<b>209.457.570</b>	<b>100,0 %</b>

*Tabla 5.1 - Incidencia de los contratos. (Elaboración Propia).*

La forma de contratación para la empresa principal como para los subcontratos fue por trabajos a término, estableciendo las características de contratación con las responsabilidades y obligaciones para cada una, las cuales fueron asesoradas por un estudio jurídico. Se realizaron contratos para cada uno de los subcontratos y suministros que participaron en esta obra.

La Tabla 5.2 describe el contexto de cómo se empleó la contratación, la firma del contrato e implementación en obra de las principales empresas contratadas.

Para esta investigación no se ahondó en las tareas posteriores a la ejecución de las obras, en consecuencia se profundizó en las etapas previas y durante la ejecución del proyecto que contó con el equipo de gerenciamiento de obras y el equipo del estudio proyectista, quienes trabajaban en coordinación con los distintos asesores: ingenieros eléctricos, sanitario, acondicionamiento térmico y ventilación, audio, acústico, civil, entre otros.

En la presente tesis se realizó el estudio pormenorizado de las tareas relacionadas a la construcción civil del edificio a través de gráficas que mostraron el desarrollo, donde se indican los avances de plazos y costes, para seguir la obra en detalle como herramienta de referencia para el comitente con el propósito de evaluar el estado de la inversión. Como ya fue señalado, se incorporó a las gráficas, indicadores de desempeño para su análisis integrado al método EVM, estructura de red, riesgo, flexibilidad y factor P de Lipke.

	Contratación	Certificación	Cronograma	Reuniones de Obra	Seguros	Herramientas de Gestión
<b>Contratista Principal</b> Albañilería, Estructura, Sanitaria, Ascensores	Contrato principal de organización y administración Obra completa Precios Unitarios	Mensual por avance de obras	Quincenal	Semanal	TRC (Todo Riesgo Construcción)	Control de cronograma de barras
<b>Subcontrato 1</b> Eléctrica	Contrato único Llave en mano Precios Unitarios	Por hitos de materiales y por avance de obra mensual	Quincenal adaptándose al contratista principal	Semanal	SCM (Seguro Construcción y Montaje)	Control de cronograma
<b>Subcontrato 2</b> Incendio	Contrato único Llave en mano Ajuste Alzado	Mensual por avance de obra	-	Quincenal	Póliza	-
<b>Subcontrato 3</b> Aire Acondicionado	Contrato único Llave en mano Precios Unitarios	Por hitos de materiales y por avance de obra mensual	Mensual adaptándose al contratista principal	-	SCM (Seguro Construcción y Montaje)	.

Tabla 5.2 - Resumen de descripción del contexto empleados en la obra del caso de estudio. (Elaboración Propia).

En la Tabla 5.3 se incluyeron los datos de los avances mensuales certificados desde el mes 1 al mes 18 del contratista principal (albañilería, estructura, sanitaria y ascensores) sumado a los tres subcontratos de mayor incidencia (eléctrica, incendio y termo-mecánica) comparándose con el avance proyectado.

A continuación, la Gráfica 5.1 que se desprende de la Tabla 5.3, muestra en color azul la curva de avance planificado de costos y tiempo, y la curva verde representa los costos y plazos certificados ocurridos en la obra durante un período de 18 meses, en donde se representó la variación entre la curva planificada y la real ejecutada de acuerdo a las certificaciones mensuales de obra.

CONTRATISTA PRINCIPAL, SUBCONTRATOS DE ELÉCTRICA, INCENDIO Y TERMO-MECÁNICA

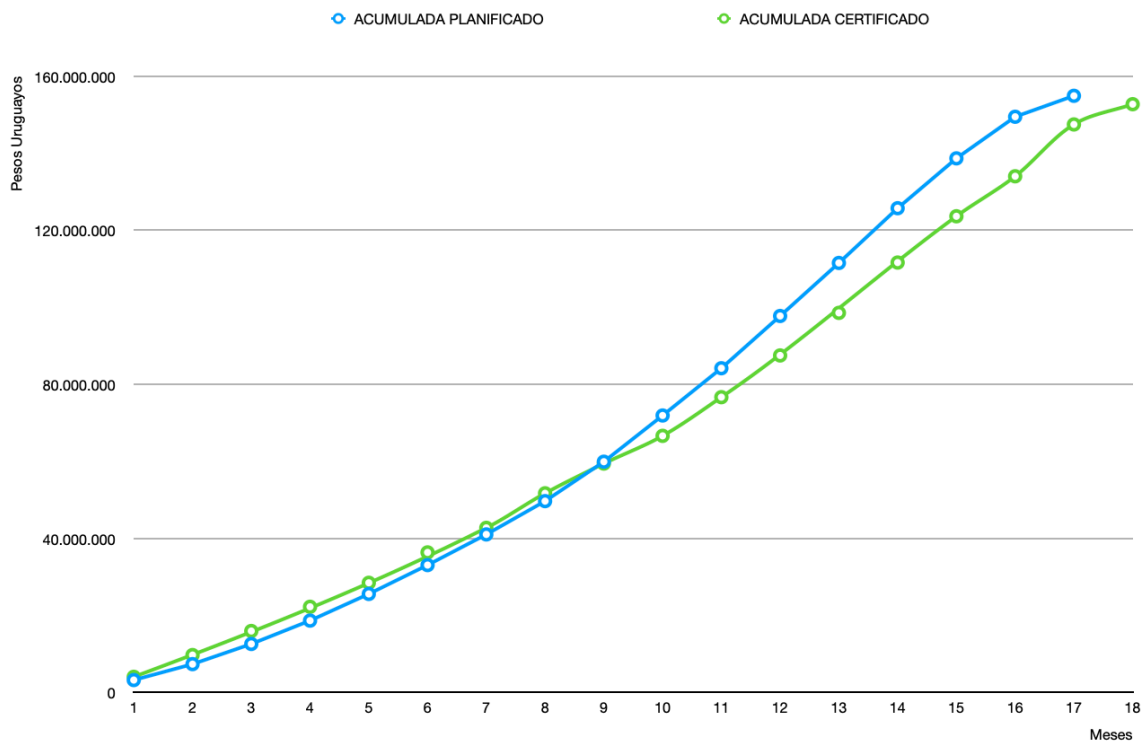
PERIODO	PLANIFICADO PV (LINEA BASE)	ACUMULADA PLANIFICADO	PORCENTAJE %	PORCENTAJE ACUMULADO PLANIFICADO %	TOTAL CONTRATO				
					AVANCES MENSUAL CERTIFICADO	ACUMULADA CERTIFICADO	PORCENTAJE %	PORCENTAJE ACUMULADO CERTIFICADO %	
									154.805.775
1	3.226.867	3.226.867	2,1 %	2,1 %	4.061.265	4.061.265	2,6 %	2,6 %	
2	4.132.687	7.359.554	2,7 %	4,8 %	5.653.800	9.715.065	3,7 %	6,3 %	
3	5.235.602	12.595.156	3,4 %	8,1 %	6.246.668	15.961.733	4,0 %	10,3 %	
4	6.065.952	18.661.108	3,9 %	12,0 %	6.283.625	22.245.358	4,1 %	14,4 %	
5	6.920.637	25.581.745	4,5 %	16,5 %	6.228.993	28.474.351	4,0 %	18,4 %	
6	7.495.086	33.076.831	4,8 %	21,4 %	7.892.437	36.366.788	5,1 %	23,5 %	
7	7.958.575	41.035.406	5,1 %	26,5 %	6.373.859	42.740.647	4,1 %	27,6 %	
8	8.644.372	49.679.778	5,6 %	32,1 %	8.971.766	51.712.413	5,8 %	33,4 %	
9	10.234.789	59.914.547	6,6 %	38,7 %	7.718.515	59.430.928	5,0 %	38,4 %	
10	11.994.971	71.909.518	7,7 %	46,4 %	7.195.609	66.626.537	4,6 %	43,0 %	
11	12.274.265	84.183.783	7,9 %	54,3 %	10.041.313	76.667.850	6,5 %	49,5 %	
12	13.561.713	97.745.496	8,8 %	63,1 %	10.830.057	87.497.907	7,0 %	56,5 %	
13	13.768.167	111.513.663	8,9 %	72,0 %	11.056.358	98.554.265	7,1 %	63,7 %	
14	14.211.578	125.725.241	9,2 %	81,2 %	13.062.199	111.616.464	8,4 %	72,1 %	
15	12.944.859	138.670.100	8,4 %	89,5 %	12.015.290	123.631.754	7,8 %	79,9 %	
16	10.794.926	149.465.026	7,0 %	96,5 %	10.385.394	134.017.148	6,7 %	86,6 %	
17	5.444.711	154.909.737	3,5 %	100,0 %	13.455.063	147.472.211	8,7 %	95,3 %	
18					5.258.784	152.730.995	3,4 %	98,7 %	
<b>TOTAL</b>	<b>154.909.737</b>			<b>100,0 %</b>	<b>152.730.995</b>			<b>98,7 %</b>	

Tabla 5.3 - Avance mensual vs. avance planificado general (contratista principal, eléctrica, incendio y termo-mecánica).  
(Elaboración Propia).

Esto representó una comparativa primaria que muestra una situación aparentemente natural en una obra, teniendo en cuenta que solamente expresó el avance de acuerdo a la certificación de costos a lo largo del tiempo, pero no siempre significa que sea el avance físico real de la obra. Para conocer las deficiencias, fue necesario un segundo grado de profundización de esta gráfica estudiando los meses dónde hay mayores diferencias, incorporando otras consideraciones que afectan de forma directa los procesos de producción de obra.

Al trabajar con los datos desprendidos de la tabla, fueron analizadas las dificultades que se tienen en obra a causa de las desviaciones entre la curva real y la planificada. Resultó de interés indagar y revisar de qué manera se podrían visualizar de forma rápida los problemas que estos desvíos ocasionan en la obra y cómo resolverlos para proporcionar una continuidad viable.

Por tal motivo, se ha pretendido disponer, en este estudio de caso, de información útil para elaborar gráficas claras y obtener datos relevantes que consigan anticiparse a los problemas ocasionados por los desvíos.



Gráfica 5.1 - Avance mensual vs. Avance planificado general (contratista principal, eléctrica, incendio y termomecánica). (Elaboración propia).

En las tablas y gráficas siguientes, de instalación eléctrica (Tabla 5.4 y Gráfica 5.2) y de termomecánica (Tabla 5.5 y Gráfica 5.3), se presentó la relación de avance costo - tiempo de cada una de forma independiente, en dónde fue posible observar las desviaciones existentes, que comparadas con la gráfica general de obra, no afectaron directamente en el resultado final por su baja incidencia. Caso contrario sucedió cuando fue comparada la gráfica del contratista principal con la gráfica general, donde sí impactó en el resultado final por su alta incidencia en el total de la obra.

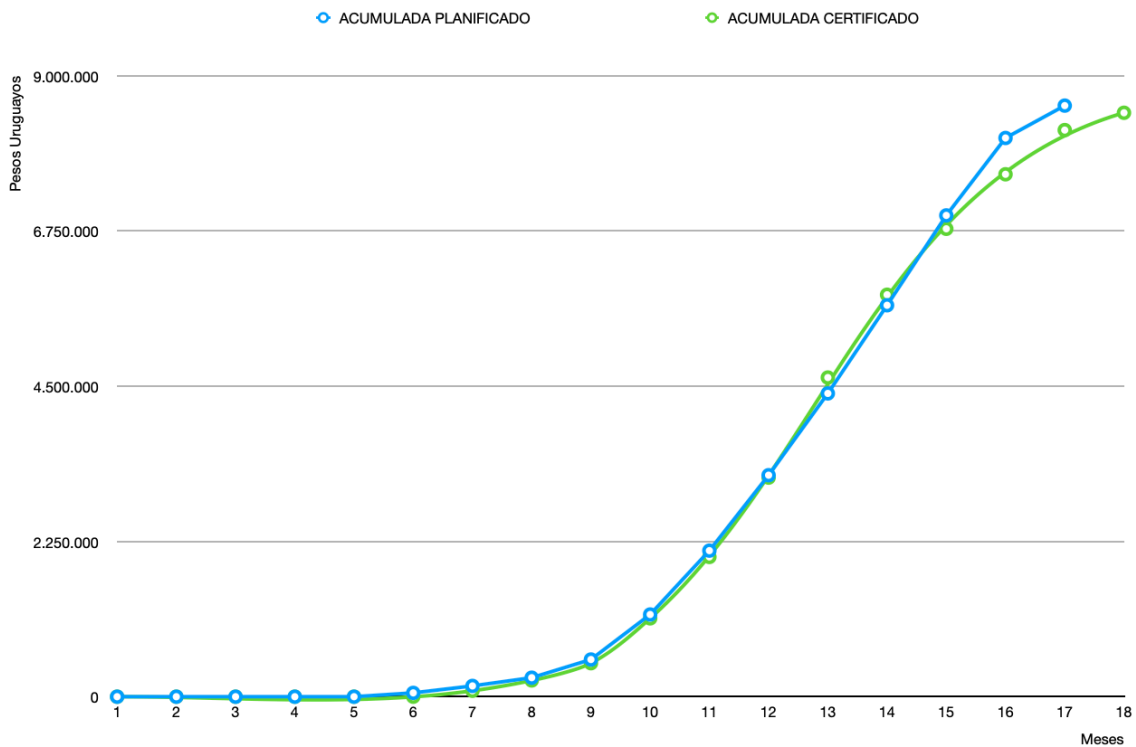
Esto sucedió con la mayoría de los rubros donde no es clara la visualización de los desvíos, ya que los análisis por separado permitieron divisar de forma concreta lo que la gráfica general no contempla. Así como se indicó en las gráficas de cada contratista, existen desvíos negativos y positivos que logran equiparar la curva general nivelando y asemejándola a la curva planificada, lo que demuestra que no existen mayores problemas a resolver, sin embargo al estudiar las curvas de cada contratista por separado, nos encontramos con que sí existen desvíos significativos que fueron importantes en el estudio de esta tesis.



ELÉCTRICA

PERIODO	PLANIFICADO PV (LINEA BASE)	ACUMULADA PLANIFICADO	PORCENTAJE %	PORCENTAJE ACUMULADO PLANIFICADO %	TOTAL CONTRATO			8.463.500
					AVANCES MENSUAL CERTIFICADO	ACUMULADA CERTIFICADO	PORCENTAJE %	
1		0	0,0 %	0,0 %		0	0,0 %	0,0 %
2		0	0,0 %	0,0 %		0	0,0 %	0,0 %
3		0	0,0 %	0,0 %		0	0,0 %	0,0 %
4		0	0,0 %	0,0 %		0	0,0 %	0,0 %
5		0	0,0 %	0,0 %		0	0,0 %	0,0 %
6	55.400	55.400	0,6 %	0,6 %		0	0,0 %	0,0 %
7	100.890	156.290	1,2 %	1,8 %	85.800	85.800	1,0 %	1,0 %
8	119.302	275.592	1,4 %	3,2 %	150.000	235.800	1,8 %	2,8 %
9	263.500	539.092	3,1 %	6,3 %	250.000	485.800	3,0 %	5,7 %
10	652.301	1.191.393	7,6 %	13,9 %	650.000	1.135.800	7,7 %	13,4 %
11	925.600	2.116.993	10,8 %	24,7 %	890.000	2.025.800	10,5 %	23,9 %
12	1.093.422	3.210.415	12,8 %	37,5 %	1.150.000	3.175.800	13,6 %	37,5 %
13	1.185.399	4.395.814	13,8 %	51,3 %	1.450.000	4.625.800	17,1 %	54,7 %
14	1.277.531	5.673.345	14,9 %	66,2 %	1.200.000	5.825.800	14,2 %	68,8 %
15	1.302.648	6.975.993	15,2 %	81,4 %	956.000	6.781.800	11,3 %	80,1 %
16	1.122.120	8.098.113	13,1 %	94,5 %	790.000	7.571.800	9,3 %	89,5 %
17	469.117	8.567.230	5,5 %	100,0 %	640.800	8.212.600	7,6 %	97,0 %
18					250.900	8.463.500	3,0 %	100,0 %
<b>TOTAL</b>	<b>8.567.230</b>		<b>100,0 %</b>		<b>8.463.500</b>		<b>100,0 %</b>	

Tabla 5.4 - Avance mensual vs. Avance planificado de eléctrica. (Elaboración propia).



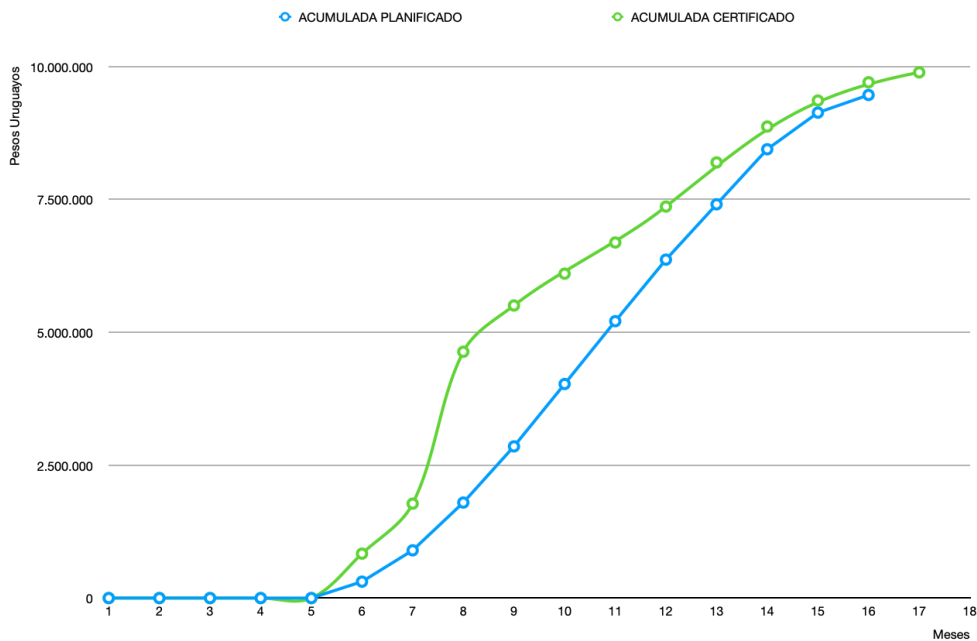
Gráfica 5.2 - Avance mensual vs. Avance planificado de eléctrica. (Elaboración propia).

En el trabajo de investigación se pretendió verificar de forma rigurosa las curvas para un análisis real de la relación de costos y tiempo, transformando el estereotipo usual de gerenciamiento a una gerencia de obra como herramienta activa en constante adaptación.

TERMO-MECÁNICA

PERIODO	PLANIFICADO PV (LINEA BASE)	ACUMULADA PLANIFICADO	PORCENTAJE %	PORCENTAJE ACUMULADO PLANIFICADO %	TOTAL CONTRATO			
					AVANCES MENSUAL CERTIFICADO	ACUMULADA CERTIFICADO	PORCENTAJE %	PORCENTAJE ACUMULADO CERTIFICADO %
1	0	0	0,0 %	0,0 %	0	0	0,0 %	0,0 %
2	0	0	0,0 %	0,0 %	0	0	0,0 %	0,0 %
3	0	0	0,0 %	0,0 %	0	0	0,0 %	0,0 %
4	0	0	0,0 %	0,0 %	0	0	0,0 %	0,0 %
5	0	0	0,0 %	0,0 %	0	0	0,0 %	0,0 %
6	309.000	309.000	3,3 %	3,3 %	836.200	836.200	8,5 %	8,5 %
7	589.000	898.000	6,2 %	9,5 %	940.450	1.776.650	9,5 %	18,0 %
8	898.900	1.796.900	9,5 %	19,0 %	2.857.500	4.634.150	28,9 %	46,9 %
9	1.056.900	2.853.800	11,2 %	30,2 %	870.500	5.504.650	8,8 %	55,7 %
10	1.173.500	4.027.300	12,4 %	42,6 %	598.500	6.103.150	6,1 %	61,7 %
11	1.182.000	5.209.300	12,5 %	55,0 %	586.340	6.689.490	5,9 %	67,6 %
12	1.158.000	6.367.300	12,2 %	67,3 %	676.660	7.366.150	6,8 %	74,5 %
13	1.040.500	7.407.800	11,0 %	78,3 %	830.050	8.196.200	8,4 %	82,9 %
14	1.036.000	8.443.800	10,9 %	89,2 %	675.080	8.871.280	6,8 %	89,7 %
15	689.000	9.132.800	7,3 %	96,5 %	488.500	9.359.780	4,9 %	94,6 %
16	332.000	9.464.800	3,5 %	100,0 %	343.480	9.703.260	3,5 %	98,1 %
17					186.800	9.890.060	1,9 %	100,0 %
18								
<b>TOTAL</b>	<b>9.464.800</b>		<b>100,0 %</b>		<b>9.890.060</b>		<b>100,0 %</b>	

Tabla 5.5 - Avance mensual vs. Avance planificado de termomecánica. (Elaboración propia).



Gráfica 5.3 - Avance mensual vs. Avance planificado de termomecánica. (Elaboración propia).

Ha resultado difícil solucionar los problemas si no se pueden visualizar de forma clara y concreta. El análisis de la gráfica a veces puede ser engañosa, teniendo en cuenta que la información de los recaudos de la obra solamente mostró lo ocurrido y no aportó soluciones prácticas a corto plazo, por lo tanto, a partir de esta situación, se pretendió contribuir en mayor información que permitiera resolver los problemas suscitados. Desde luego, desde el punto de vista del gerenciamiento se logrará ayudar a que los gráficos resultantes aporten indicadores preventivos que minimicen los posibles inconvenientes.

Luego de analizadas las gráficas ha quedado demostrado que el material descriptivo empleado para presentar ante el propietario o representante, se convierte en un valor agregado que forma parte del informe mensual de la situación en la obra, y que al mismo tiempo fue de utilidad para exponer al cliente el avance de plazos y costos. En cambio, para la práctica del gerenciadador, no fue suficiente, por lo que fue necesario elaborar métodos para identificar y resolver fácilmente los inconvenientes a través de documentos gráficos que sean veraces y no una mera descripción de los hechos.

La obra estudiada utilizaba este modelo gráfico con el fin puramente ilustrativo donde no preveía ninguna solución aparente a los desvíos. En el capítulo siguiente se plantearon los elementos de análisis para mejorar y facilitar la evaluación de estos puntos de inflexión que resultan de las gráficas de obra.

## **5.2 IMPLEMENTACIÓN - RECOLECCIÓN Y PRESENTACIÓN DE DATOS**

Para la presente investigación fueron estudiadas las gráficas correspondientes al contratista principal (albañilería, estructura, sanitaria y ascensores) y los subcontratos de eléctrica e incendio. Como se ha mencionado, el autor fue participante activo del proyecto del caso de estudio, por lo tanto se contó con la información global de todo el proyecto. Luego de finalizada la obra y para el presente trabajo de estudio fueron incorporados a las gráficas el EVM, factor P, estructura en red, riesgo y flexibilidad.

A partir del método EVM, se extrajeron los datos base para la realización de las gráficas de análisis presentes en esta tesis de investigación, cuyas terminologías fueron adaptadas a nuestro medio para ayudar a una fácil lectura y ser comprendido rápidamente.

Se dio inicio al caso de estudio incorporando el método EVM a las gráficas de costo - tiempo del contratista principal correspondiente a albañilería, estructura, sanitaria y ascensores.

En la Tabla 5.6 fueron presentados los valores para el rubro de albañilería, estructura, sanitaria y ascensores, tanto el Costo Planificado (PV) mensual y acumulado, y el Costo Final Real (AC) mensual y acumulado, de acuerdo a lo realizado en obra, representados en la Gráfica 5.4 en color azul y amarillo respectivamente. A esta tabla se le ha incorporado el costo de licitación contratada por el gerenciamiento de obras, que representa el costo presupuestado de los trabajos que ha sido denominado como Valor Ganado (EV), o sea, son los valores con los cuales se calculó el EV como el producto del porcentaje de avance por el costo de licitación, dando como resultado los valores mensuales y acumulados. Como se contaba con la información total de la obra ejecutada PV y AC, no fue necesario realizar el calculo del EV proyectado a futuro ya que se conocía el valor final realmente ejecutado, por lo cual para el

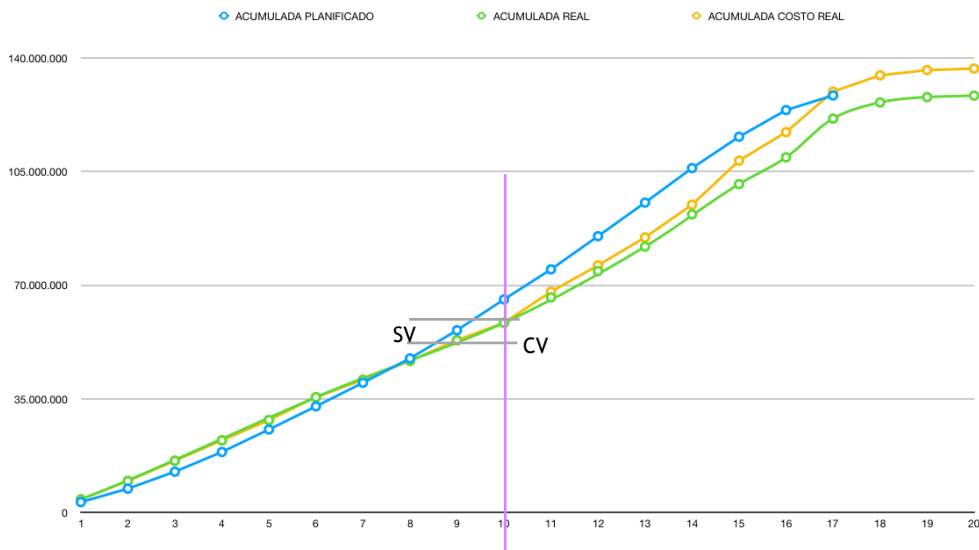
estudio de caso se consideró como valor ganado mensual y acumulado, los valores realmente contratados de licitación, representados en la Tabla 5.7.

PERIODO	PLANIFICADO PV (LINEA BASE)	ACUMULADA PLANIFICADO	COSTO REAL AC (costo de licitación - flujo de caja)	ACUMULADA COSTO REAL
1	3.226.867	3.226.867	4.061.265	4.061.265
2	4.132.687	7.359.554	5.653.800	9.715.065
3	5.235.602	12.595.156	6.246.668	15.961.733
4	6.065.952	18.661.108	6.283.625	22.245.358
5	6.920.637	25.581.745	6.228.993	28.474.351
6	7.130.686	32.712.431	7.056.237	35.530.588
7	7.268.685	39.981.116	5.347.609	40.878.197
8	7.506.868	47.487.984	5.864.266	46.742.463
9	8.650.869	56.138.853	6.333.015	53.075.478
10	9.516.869	65.655.722	5.387.109	58.462.587
11	9.241.065	74.896.787	9.560.227	68.022.814
12	10.216.869	85.113.656	8.113.397	76.136.211
13	10.356.869	95.470.525	8.607.838	84.744.049
14	10.620.516	106.091.041	10.067.750	94.811.799
15	9.650.563	115.741.604	13.563.796	108.375.595
16	8.218.686	123.960.290	8.793.928	117.169.523
17	4.506.477	128.466.767	12.482.463	129.651.986
18			5.007.884	134.659.870
19			1.622.427	136.282.297
20			452.353	136.734.650
<b>TOTAL</b>	<b>128.466.767</b>		<b>136.734.650</b>	

Tabla 5.6 – Costo planificado y real de albañilería, estructura, sanitaria y ascensores. (Elaboración propia).

PERIODO	PLANIFICADO PV (LINEA BASE)	ACUMULADA PLANIFICADO	VALOR GANADO EV (realmente ejecutado)	ACUMULADA REAL	COSTO REAL AC (costo de licitación - flujo de caja)	ACUMULADA COSTO REAL
1	3.226.867	3.226.867	4.061.265	4.061.265	4.061.265	4.061.265
2	4.132.687	7.359.554	5.653.800	9.715.065	5.653.800	9.715.065
3	5.235.602	12.595.156	6.246.668	15.961.733	6.246.668	15.961.733
4	6.065.952	18.661.108	6.283.625	22.245.358	6.283.625	22.245.358
5	6.920.637	25.581.745	6.228.993	28.474.351	6.228.993	28.474.351
6	7.130.686	32.712.431	7.056.237	35.530.588	7.056.237	35.530.588
7	7.268.685	39.981.116	5.347.609	40.878.197	5.347.609	40.878.197
8	7.506.868	47.487.984	5.864.266	46.742.463	5.864.266	46.742.463
9	8.650.869	56.138.853	6.333.015	53.075.478	6.333.015	53.075.478
10	9.516.869	65.655.722	5.387.109	58.462.587	5.387.109	58.462.587
11	9.241.065	74.896.787	7.799.973	66.262.560	9.560.227	68.022.814
12	10.216.869	85.113.656	8.113.397	74.375.957	8.113.397	76.136.211
13	10.356.869	95.470.525	7.526.308	81.902.265	8.607.838	84.744.049
14	10.620.516	106.091.041	9.937.119	91.839.384	10.067.750	94.811.799
15	9.650.563	115.741.604	9.320.790	101.160.174	13.563.796	108.375.595
16	8.218.686	123.960.290	8.251.414	109.411.588	8.793.928	117.169.523
17	4.506.477	128.466.767	11.912.463	121.324.051	12.482.463	129.651.986
18			5.007.884	126.331.935	5.007.884	134.659.870
19			1.622.427	127.954.362	1.622.427	136.282.297
20			452.353	128.406.715	452.353	136.734.650
<b>TOTAL</b>	<b>128.466.767</b>		<b>128.406.715</b>		<b>136.734.650</b>	

Tabla 5.7 – Costo planificado, valor ganado y valor real de albañilería, estructura, sanitaria y ascensores. (Elaboración propia).



Gráfica 5.4 - EVM - Costo vs tiempo de albañilería, estructura, sanitaria y ascensores. (Elaboración propia).

De estos datos fueron extraídos los valores de EV y representados junto a PV y a AC en la Gráfica 5.4.

Sobre estas tres variables se pudo determinar la Varianza en Costos (CV), siendo  $CV=EV-AC$ , la Varianza en Programación (SV), siendo  $SV=EV-PV$  y el Índice de Eficiencia en Programación (SPI),  $SPI=EV/PV$  y el Índice de Rendimiento de Costo (CPI), siendo  $CPI=EV/AC$ .

En el mes 10 se detectó el primer desfasaje y fue calculado el CV que tiene como resultado 0, lo que expresó que el desempeño es igual al planteado.

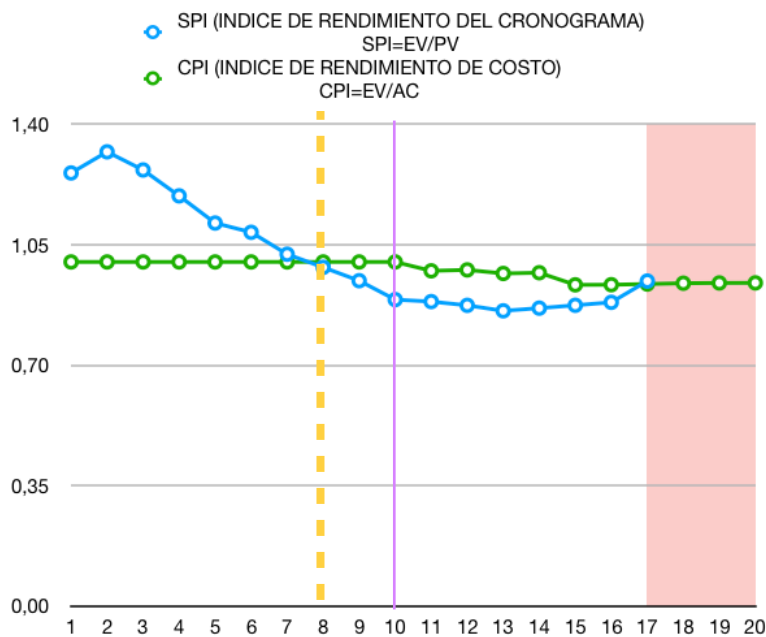
Luego fue calculado el SV que tuvo resultado negativo, estas desviaciones indicaron que el desempeño no fue satisfactorio. Con estas dos variables se pudo calcular el SPI y el CPI, donde el SPI fue menor a 1 lo que significó retrasos, y el CPI fue igual a 1 lo que representó que no hubo sobre costos.

En la siguiente Tabla 5.8, se indicaron en color rojo los valores de SPI y CPI, para los meses 18, 19 y 20, representado con valor 0, como un llamado de atención puesto que la obra se retrasó.

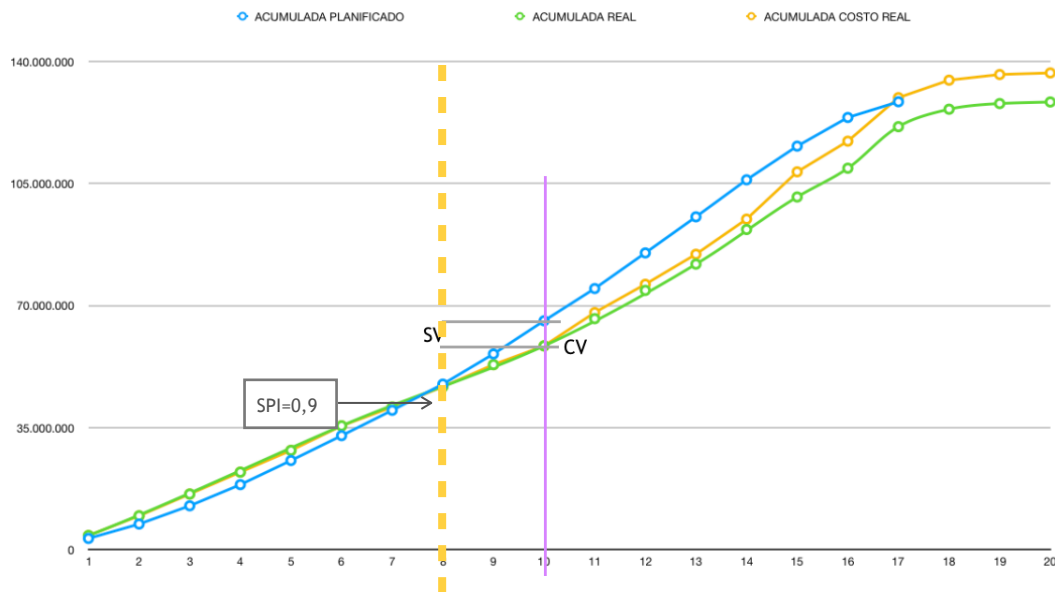
A raíz de la Gráfica 5.5 Valores de SPI y CPI se visualizó que a partir del mes 8 existieron desvíos, lo que complementa con lo que se observó en la gráfica de EVM pero que a primera vista no se identificó como un elemento desfavorable. Haber utilizado esta forma de representación hubiese permitido afrontar el problema a tiempo y analizarlo claramente.

PERIODO	SV (DESVIACION DEL CRONOGRAMA) SV=EV-PV	CV (DESVIACION DEL COSTO) CV=EV-AC	SPI (INDICE DE RENDIMIENTO DEL CRONOGRAMA) SPI=EV/PV	CPI (INDICE DE RENDIMIENTO DE COSTO) CPI=EV/AC
1	834.398	0	1,26	1,00
2	2.355.511	0	1,32	1,00
3	3.366.577	0	1,27	1,00
4	3.584.250	0	1,19	1,00
5	2.892.606	0	1,11	1,00
6	2.818.157	0	1,09	1,00
7	897.081	0	1,02	1,00
8	-745.521	0	0,98	1,00
9	-3.063.375	0	0,95	1,00
10	-7.193.135	0	0,89	1,00
11	-8.634.227	-1.760.254	0,88	0,97
12	-10.737.699	-1.760.254	0,87	0,98
13	-13.568.260	-2.841.784	0,86	0,97
14	-14.251.657	-2.972.415	0,87	0,97
15	-14.581.430	-7.215.421	0,87	0,93
16	-14.548.702	-7.757.935	0,88	0,93
17	-7.142.716	-8.327.935	0,94	0,94
18	126.331.935	-8.327.935	⚠	0,94
19	127.954.362	-8.327.935	⚠	0,94
20	128.406.715	-8.327.935	⚠	0,94
<b>TOTAL</b>				

Tabla 5.8 – Valores de SV, CV, SPI y CPI para albañilería, estructura, sanitaria y ascensores. (Elaboración propia).



Gráfica 5.5 - Valores SPI y CPI para albañilería, estructura, sanitaria y ascensores. (Elaboración propia).



Gráfica 5.6 - Gráfica EVM - Costo vs. tiempo, indicando mes 8 para albañilería, estructura, sanitaria y ascensores. (Elaboración propia).

Los indicadores representaron los retrasos y/o adelantos del proyecto en cuanto a costos y/o tiempo, por lo cual fue importante superponer ambas gráficas para conocer datos imprescindibles proporcionando mayor información que permitiera anticiparnos en la toma de medidas y acciones correctivas.

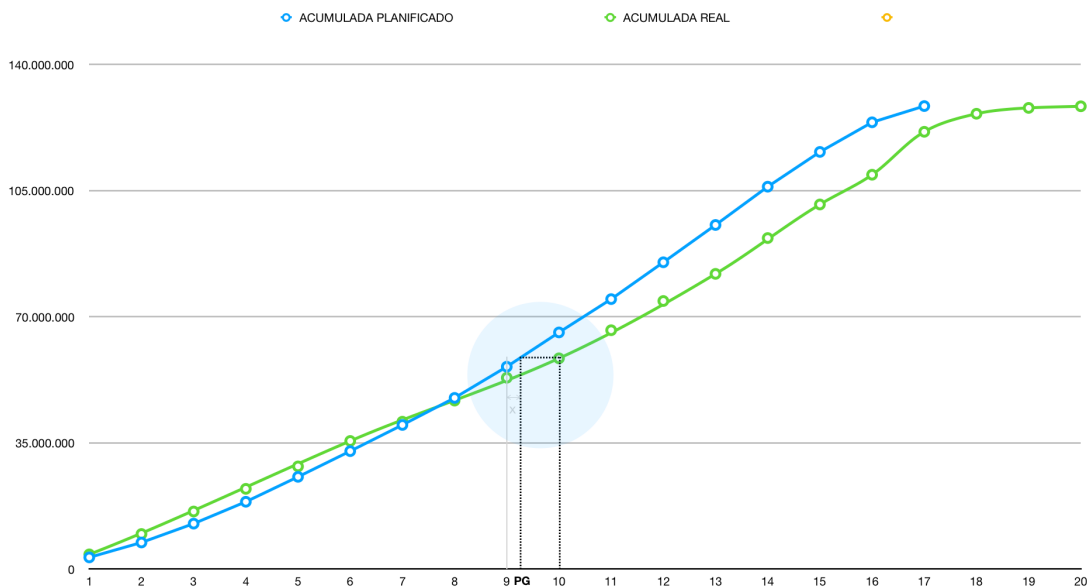
Luego, fue aplicado el método del factor P realizado por LIPKE, tomando como referencia los datos obtenidos en el EVM y de esta forma se pudo leer este nuevo indicador, siempre con el fin de prever situaciones críticas; para ello se ha tomado la gráfica 5.4 correspondiente a albañilería, estructura, sanitaria y ascensores.

Para aplicar el factor P, hubo que relacionar el EVM asociando el costo con el cronograma y el desempeño técnico. Debido a esto, se propuso la adherencia del cronograma al EV y al PV del EVM con el factor de ajuste P como el cociente de EV dividido PV que dio como resultado negativo lo que representa un indicador de restricción o impedimento; si el resultado hubiese sido positivo, requeriría incrementar el volumen de trabajo para la misma tarea. Este método permitió identificar rápidamente el problema, lo que es considerado de fundamental importancia para el gerenciamiento de obra.

$$P = \text{Valor Ganado (EV)} / \text{Valor Planeado (PV)}$$

Siendo P un valor entre 0 y 1.

En el caso de estudio se analizó el mes 10 que según las gráficas utilizadas para el EVM presentaban un problema. Para obtener el factor P primeramente se calculó la Programación Ganada (PG) o en inglés (ES), como se muestra en la Gráfica 5.7 - Programación Ganada para el mes 10.



Gráfica 5.7 - Programación Ganada para Mes 10 para albañilería, estructura, sanitaria y ascensores. (Elaboración propia).

Esta tabla nos permitió obtener el valor de la PG para el mes 10, siendo PG = mes 9 + X, para despejar X hubo que descomponer los datos de la gráfica en dos triángulos semejantes, de acuerdo a la Figura 5.2, donde conocemos los valores de PV y EV para los meses 9 y 10.

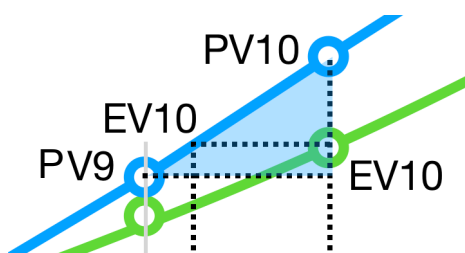


Figura 5.2 - Programación Ganada para Mes 10. (Elaboración propia).

Se calculó la PG para el mes 10 de albañilería, estructura, sanitaria y ascensores, siendo:

$$PG(10) = 9 + (EV10 - PV9) / (PV10 - PV9),$$



$$PG(10) = 9 + (58.462.587 - 56.138.853) / (65.655.722 - 56.138.853) =$$

$$9 + 2.323.734 / 9.516.869 = 9 + 0,244 = 9,244$$

De acuerdo a la ecuación anterior se obtuvo el valor de la PG para el mes 10, donde resultó que el valor de X es 0,244, lo que corresponde a que la PG para el mes 10 es de 9,244 meses. Este resultado verificó lo que visualmente se registra en la gráfica, donde existe un retraso en la actividades.

La identificación de actividades retrasadas o adelantadas se pudo automatizar empleando el factor P como el porcentaje de trabajo realizado de acuerdo con la PG, donde:

$$P = \Sigma EV (PG) / \Sigma PV (PG)$$

Siendo el valor de:

$$\Sigma EV (PG) = EV(9) + (EV(10) - EV(9)) * X \text{ y el valor de } \Sigma PV (PG) = EV (10) = 58.462.587$$

$$P = 53.075.478 + ((58.462.587 - 53.075.478) \times 0,244) / 58.462.587 = 0,93$$

El valor P indicó que el trabajo realizado al mes 10 corresponde al 93% del trabajo planeado.

Para visualizar rápidamente y de forma gráfica el factor P, fue necesario incorporar el diagrama de barras de la obra de estudio, para el análisis en el mes 10, donde se pudo visualizar lo ejecutado realmente en contraposición a lo planificado, y también cómo el factor P modifica la gráfica. El factor P calculado arrojó la información de que el avance físico real corresponde al mes 9,3 respecto a las proyecciones realizadas para el mes 10, indicando un retraso de la obra en el contrato de albañilería, estructura, sanitaria y ascensores.

En un modelo de gestión de costos tradicional, en toda obra de arquitectura lo que se tiende a controlar y verificar, tanto por el gerenciadador como por los directores de obra, es el cronograma. Se le solicita a la empresa constructora que esté actualizándolo de forma permanente siendo fiel al avance de la obra. En el modelo de gestión enfocado en esta investigación, se incorporan indicadores flexibles y continuos en el proceso para que comuniquen alertas tempranas. En consecuencia, fueron incorporados el factor P en el cronograma logrando anticipar el problema y validar en tiempo real la situación de avance en la obra, para esto la adherencia al cronograma es clave en cuanto a poder visualizar y ajustar la programación a la realidad.

Para poder incorporar el factor P y visualizarlo de modo más claro, se realizó la Tabla 5.9 como un resumen de las tareas planificadas representado mensualmente en color azul.

PLAN DE TRABAJO TOTAL

ITEM	TAREA	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20
1	IMPLANTACION																				
2	MOVIMIENTO DE SUELO Y ESTRUCTURA																				
3	ESPACIOS EXTERIORES																				
4	ALBANILERIA HUMEDA																				
5	ALBANILERIA SECA (YESO)																				
6	SUMINISTRO DEL PROPIETARIO																				

Tabla 5.9 – Plan de trabajos estimado de albañilería, estructura, sanitaria y ascensores para la obra de estudio. (Elaboración propia).

PLAN DE TRABAJO AL MES 10: LO QUE SE DEBERIA HABER AVANZADO HASTA EL MES 10

ITEM	TAREA	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20
1	IMPLANTACION																				
2	MOVIMIENTO DE SUELO Y ESTRUCTURA																				
3	ESPACIOS EXTERIORES																				
4	ALBANILERIA HUMEDA																				
5	ALBANILERIA SECA (YESO)																				
6	SUMINISTRO DEL PROPIETARIO																				

Tabla 5.10 – Plan de trabajos estimado al mes 10 de albañilería, estructura, sanitaria y ascensores para la obra de estudio. (Elaboración propia).

A partir de la Tabla 5.9, se realiza la Tabla 5.10 donde se estableció para el mes 10 cuáles fueron las tareas que se tenían que haber ejecutado indicadas en color azul, y en color celeste las demás tareas que no debían ejecutarse aún.

En la Tabla 5.11 se muestra lo que realmente se realizó al mes 10, donde hay tareas que comenzaron después o tareas que finalizaron antes.

PLAN DE TRABAJO AL MES 10: LO QUE REALMENTE SE AVANZO HASTA EL MES 10

ITEM	TAREA	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20
1	IMPLANTACION																				
2	MOVIMIENTO DE SUELO Y ESTRUCTURA																				
3	ESPACIOS EXTERIORES																				
4	ALBANILERIA HUMEDA																				
5	ALBANILERIA SECA (YESO)																				
6	SUMINISTRO DEL PROPIETARIO																				

Tabla 5.11 – Plan de trabajos real al mes 10 de albañilería, estructura, sanitaria y ascensores para la obra de estudio. (Elaboración propia).

Los estudios del factor P indicaron que el procedimiento no fue lineal, donde algunas tareas pudieron finalizar antes o empezar después.

En la Tabla 5.12 se puede ver de forma rápida y evidente que, si incorporamos el factor P a lo que realmente se ejecutó para el mes 10, tenemos un atraso de 23 días de acuerdo al plan de trabajos estimado (Tabla 5.9).

PLAN DE TRABAJO AL MES 10: LO QUE REALMENTE SE AVANZO HASTA EL MES 10 con la incorporación del factor P

ITEM	TAREA	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	
1	IMPLANTACION																					
2	MOVIMIENTO DE SUELO Y ESTRUCTURA																					
3	ESPACIOS EXTERIORES																					
4	ALBANILERIA HUMEDA																					
5	ALBANILERIA SECA (YESO)																					
6	SUMINISTRO DEL PROPIETARIO																					

Tabla 5.12 – Plan de trabajos incorporando el factor P en el mes 10 de albañilería, estructura, sanitaria y ascensores para la obra de estudio. (Elaboración propia).

Con esta operación, se dedujo cuáles son las tareas que pudieron alcanzarse como lo indica la Tabla 5.12, esto no es del todo lineal, ya que simplemente corresponde a un análisis donde se incorporó un porcentaje de ponderación, y para visualizarlo claramente se elaboró este cronograma resumido y parcial a partir del plan de trabajo real de la obra de estudio.

Una vez determinado el tiempo real de atraso, producto del análisis del factor P, se procedió al estudio de los riesgos como un método adicional e inherente a los procesos reales de obra.

Fueron considerados tres indicadores de riesgo que posiblemente ocasionaran el desvío entre la planificación deseada y la real correspondiente al mes 10 del proyecto. Los elementos evaluados son el impacto y la probabilidad, generando una matriz de riesgo para poder determinar dónde actuar primero y con qué relevancia debían de tratarse cada uno de ellos.

El procedimiento realizado consistió en:

- Primero, se identificaron los principales riesgos en el mes 9,
- Segundo, se evaluó la matriz de riesgos con la plataforma digital ITMPLATFORM (<http://www.itmplatform.com/es/recursos/matriz-de-evaluacion-de-riesgos/>) y,
- Tercero, se analizaron los indicadores de alto riesgo de acuerdo a lo obtenido en el punto anterior.

Para la obra en estudio se obtuvieron los resultados de la Figura 5.4 y se realizó el análisis en profundidad del riesgo alto, señalado con color rojo en la Figura 5.3.

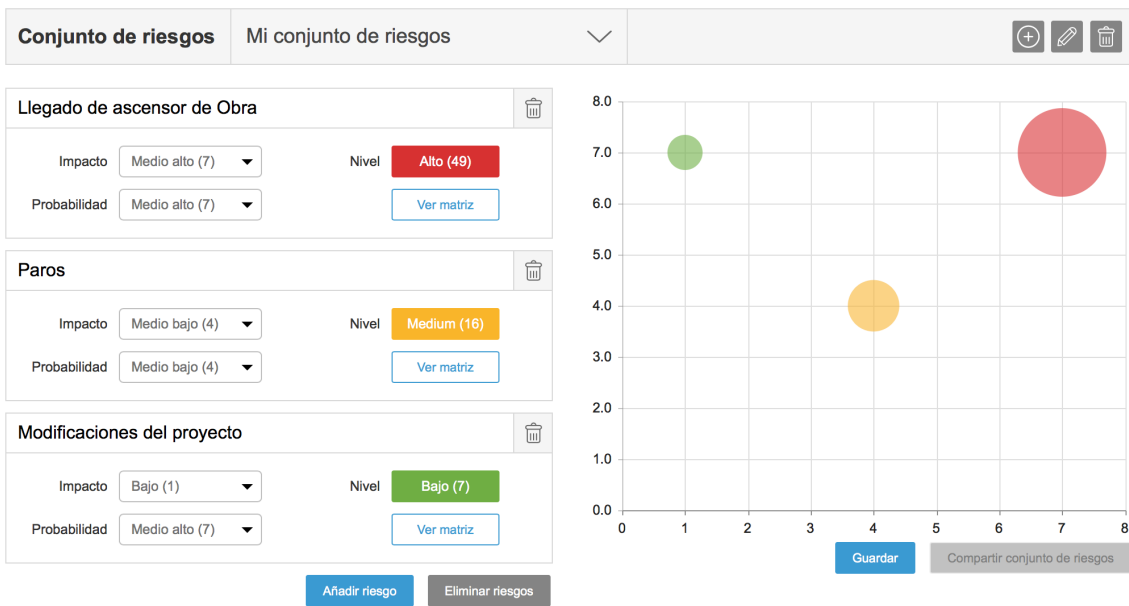


Figura 5.3 – Resultado de evaluación de la matriz de riesgo para albañilería, estructura, sanitaria y ascensores de la obra en estudio. (Elaboración: plataforma digital <http://www.itmplatform.com/es/recursos/matriz-de-evaluacion-de-riesgos/>).

A partir de la aplicación de la plataforma, se obtuvo como resultado una matriz con el grado de riesgo: bajo, medio y alto. En la Figura 5.4 se exponen los resultados para el caso de estudio, determinando un valor porcentual clasificado por su grado de impacto y probabilidad, y dentro de cada uno de ellos poder obtener el porcentaje de relevancia.

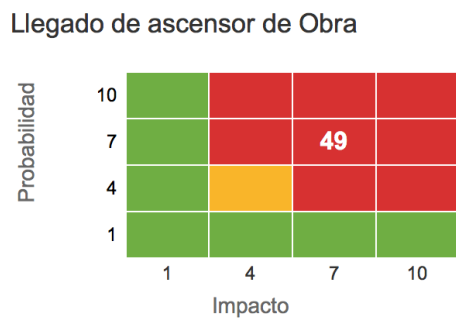


Figura 5.4 – Resultado porcentaje de la matriz de riesgo para la obra en estudio. (Elaboración: plataforma digital <http://www.itmplatform.com/es/recursos/matriz-de-evaluacion-de-riesgos/>)

Para la Figura 5.3 y Tabla 5.13 fue considerado únicamente la llegada del ascensor en obra debido a que el resultado indicó un alto riesgo. De las tablas anteriores, se extrajo que los riesgos con probabilidad e impacto medio y bajo no fue esencial evaluarlos ya que su repercusión no modifica los resultados, como sí lo hacen los de alto riesgo por su mayor incidencia en obra.

INFORMACION SOBRE CONTROLES DE RIESGO

DESCRIPCION	ETAPA	POSIBLE SOLUCION AL RIESGO	OBSERVACION - MATRIZ DE RIESGO
Llegada de ascensor a Obra	Impide finalización de los palliers, lobby.	Ajustar cronograma modificando el factor P donde se deberá empezar con tareas que estaban previstas en aun futuro.	Impacto Medio Alto, Posibilidad Medio Alto.
Paros de la construcción	Impiden re-acomodar las tareas a realizar en la semana.	Ajustar cronograma de forma de aumentar rendimiento de los obreros. O realizar horas fuera del horario normal.	Impacto Medio Bajo, Posibilidad Medio Bajo.
Modificación de proyecto (a pedido del comitente)	Requiere estudiar el cronograma sobre costos.	Incorporar operarios nuevos exclusos para que ejecuten las modificaciones.	Impacto Bajo, Posibilidad Medio Bajo.

Tabla 5.13 – Información sobre controles de riesgo para la obra en estudio. (Elaboración Propia).

A continuación se incorporó la flexibilidad, que integrada a los análisis anteriores, aportó información fidedigna y conveniente para alcanzar el objetivo de visualizar de forma eficiente los problemas suscitados en obra.

Según ACMS (2016) la flexibilidad en la gestión es la capacidad de decisión del equipo directivo de ajustarse a los problemas de la obra abordando cada problema con una solución, generando actividades que suplanten las no realizadas por problemas en obra. Con el fin de que aquellas tareas que no se puedan cumplir en tiempo y forma de acuerdo al cronograma planificado, se incorporan otros recursos destinados a tareas que sí se puedan realizar fuera del camino crítico del cronograma, logrando de esta forma evitar un atraso en la obra.

Esto permitió generar un cronograma más eficiente. Esta metodología denominada determinista, trata de un modelo matemático que para el caso de esta tesis, es un modelo estocástico, como lo es la probabilidad, ya que está en constante cambio a modo de variables aleatorias que van cambiando en el tiempo.

Para aplicar la flexibilidad, el cronograma debe ser dinámico, donde las tareas que se reemplazan puedan ajustarse moviendo recursos. Por lo tanto, a mayor flexibilidad del proyecto la estimación de plazos y costos se puede ajustar a las variaciones de obra.

Para el mes 9 ya se había detectado la existencia de un problema: retraso en la llegada del ascensor. En consecuencia, se planteó la flexibilidad como un nuevo indicador para dar solución a las contingencias y al mismo tiempo continuar con la productividad. Se utilizaron los

recursos planificados relacionados con la llegada del ascensor, en otras actividades de modo de ocupar el personal en tareas que puedan desempeñar sin inconvenientes. De esta manera, no se retrasó el cronograma moviendo tareas que estaban dispuestas para otros momentos, por lo que se hicieron más flexibles al ejecutarse antes del tiempo previsto. Para que realmente se pudiera cumplir el cronograma, este debió ser lo suficientemente móvil como para poder trasladar las tareas de modo práctico sin perjuicio de que surjan nuevos problemas, atrasos o sobre costos.

En el mes 9 de la obra en estudio, la llegada del ascensor formó parte del camino crítico y al no existir holgura en el cronograma, se generó necesariamente un aumento de tiempo y de costos.

En resumen, el camino crítico exigió tener cierta holgura para poder adaptarse y contrarrestar los problemas derivados de la obra, para lo cual fue necesario aplicar una flexibilidad planificada en el cronograma que hubiese sido vital para evitar o mitigar las consecuencias.

Se representó en la Tabla 5.14 el adelanto de las tareas y suministros que se debió realizar para cubrir las que no se pudieron comenzar. En el caso de estudio se propuso específicamente que el personal que realizaba el yeso, al no poder finalizar los halls de cada nivel, se destinara a ejecutar los cielorrasos en el lobby que estaban programados para el mes 11.

PLAN DE TRABAJO TOTAL

ITEM	TAREA	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	
1	IMPLANTACION																					
2	MOVIMIENTO DE SUELO Y ESTRUCTURA																					
3	ESPACIOS EXTERIORES																					
4	ALBANILERIA HUMEDA																					
5	ALBANILERIA SECA (YESO)																					
6	SUMINISTRO DEL PROPIETARIO																					

Tabla 5.14 – Plan de trabajos real de albañilería, estructura, sanitaria y ascensores para la obra de estudio con tareas con avance adelantado para cubrir el riesgo del mes 9. (Elaboración propia).

A continuación, se prosiguió con el estudio de las instalaciones siguiendo la metodología aplicada anteriormente para la albañilería, estructura, sanitaria y ascensores. Contando con tres análisis diferentes se obtuvieron las conclusiones finales, para lo cual se consideraron algunas de las instalaciones de la obra de estudio analizadas con los indicadores EVM, el factor P, cronograma, el riesgo y la flexibilidad.

## ELECTRICA - EVM -

PERIODO	PLANIFICADO PV (LINEA BASE)	ACUMULADA PLANIFICADO	VALOR GANADO EV (realmente ejecutado)	ACUMULADA REAL	COSTO REAL AC (costo de licitación - flujo de caja)	ACUMULADA COSTO REAL
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	55.400	55.400	0	0	0	0
7	100.890	156.290	85.800	85.800	0	0
8	119.302	275.592	150.000	170.000	0	0
9	263.500	539.092	250.000	260.000	183.185	183.185
10	652.301	1.191.393	650.000	910.000	376.230	559.415
11	925.600	2.116.993	890.000	1.800.000	437.083	996.498
12	1.093.422	3.210.415	1.150.000	2.950.000	534.417	1.530.915
13	1.185.399	4.395.814	1.450.000	4.400.000	911.682	2.442.597
14	1.277.531	5.673.345	1.200.000	5.600.000	1.732.832	4.175.429
15	1.302.648	6.975.993	956.000	6.556.000	1.202.271	5.377.700
16	1.122.120	8.098.113	790.000	7.346.000	1.089.016	6.466.716
17	469.117	8.567.230	640.800	7.986.800	980.350	7.447.066
18			250.900		813.555	8.260.621
19					655.900	8.916.521
20					270.980	9.187.501
<b>TOTAL</b>	8.567.230		8.463.500		9.187.501	

Tabla 5.15 – Costo planificado, valor ganado y valor real de eléctrica. (Elaboración propia).

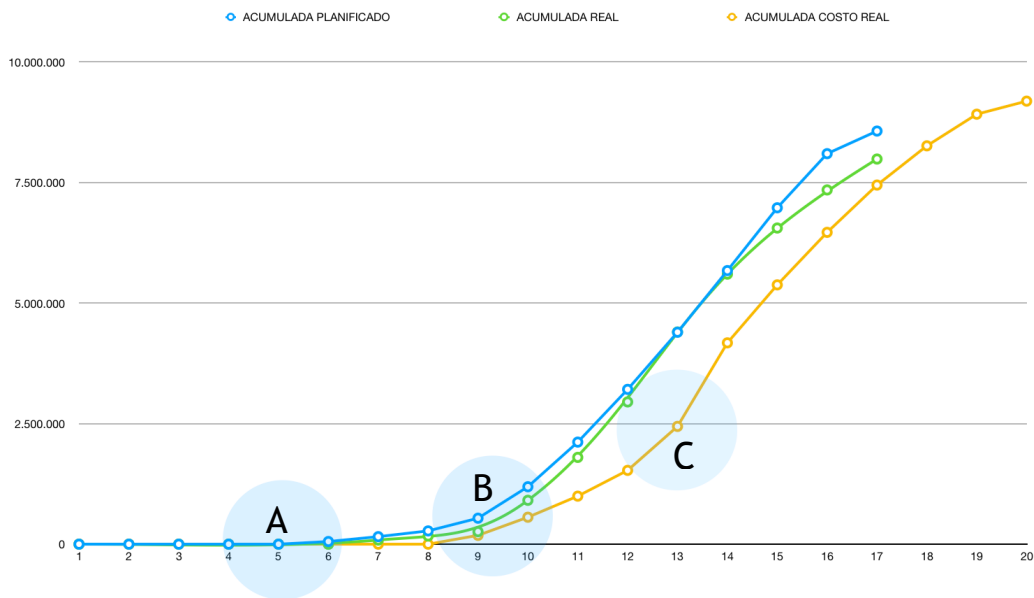
En los casos de las instalaciones eléctricas y de incendio, no se realizó un estudio pormenorizado de cada indicador, sino que se optó por un estudio dinámico, visualizando las gráficas y obteniendo datos de las mismas.

En el análisis de eléctrica, el primer problema suscitado fue al inicio de la obra (lo que ocasionó un desfase) por esta razón no se consideró relevante estudiar el factor P si de antemano ya se sabía que los trabajos comenzarían con retraso. Además, en la gráfica no se obtuvo el cruce de las curvas del avance planificado con el avance real, pues son paralelas en todo el período de la obra, debido al atraso en el inicio de los trabajos, y esta diferencia se mantuvo constante. El trabajo realmente ejecutado en comparación con el trabajo planificado, no tiene un desvío menor sino que la variación ya es cuantificada en un largo período de tiempo lo que ocasionó que algunos indicadores no cumplieran su cometido.

Siguiendo con el análisis de las instalaciones eléctricas, se incorporó a las gráficas de costo - tiempo el EVM.

En la Gráfica 5.8 se indicó con el punto A el desvío identificado en el inicio de obra ocasionado por la demora en la firma del contrato, provocando el atraso en el comienzo de las tareas según lo planificado. En el punto B se evidencia la demora en la obra que coincide también con el mes 9 estudiado anteriormente para albañilería, estructura, sanitaria y ascensores. Y por último, en el punto C se observó cómo la gráfica se acomoda a lo planificado sumado al atraso en meses al inicio de la obra.

Como ya se mencionó, para el caso del acondicionamiento eléctrico no fue necesario evaluar el factor P, ya que el conflicto detectado se percibió claramente desde el inicio. Este atraso se trasladó durante todo el proceso de la obra eléctrica, por esa razón fue conveniente el análisis desde otra aproximación para que aporte mejores instrumentos en la toma de decisiones, como la evaluación de los riesgos que fueron identificados para los tres puntos de la Gráfica 5.8 actuando de acuerdo al grado de impacto y probabilidad.



Gráfica 5.8 - Gráfica EVM - Costo vs tiempo para eléctrica. (Elaboración propia).

Analizados los resultados de los riesgos, que se presentaron en las Figuras 5.5 y 5.6, se confirma lo ya indicado por la Gráfica 5.8, donde hubo que tener precaución con el punto de impacto alto y de probabilidad alta, que coincide precisamente con el inicio de la obra.



Figura 5.5 – Resultado de evaluación de la matriz de riesgo para eléctrica de la obra en estudio. (Elaboración: plataforma digital <http://www.itmplatform.com/es/recursos/matriz-de-evaluacion-de-riesgos/>).



### Firma de Contrato - Inicio de obra

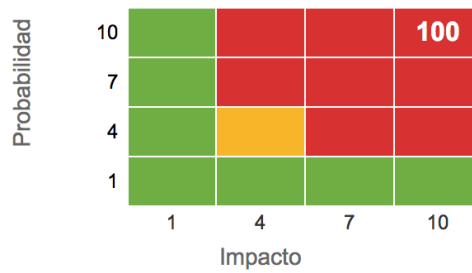


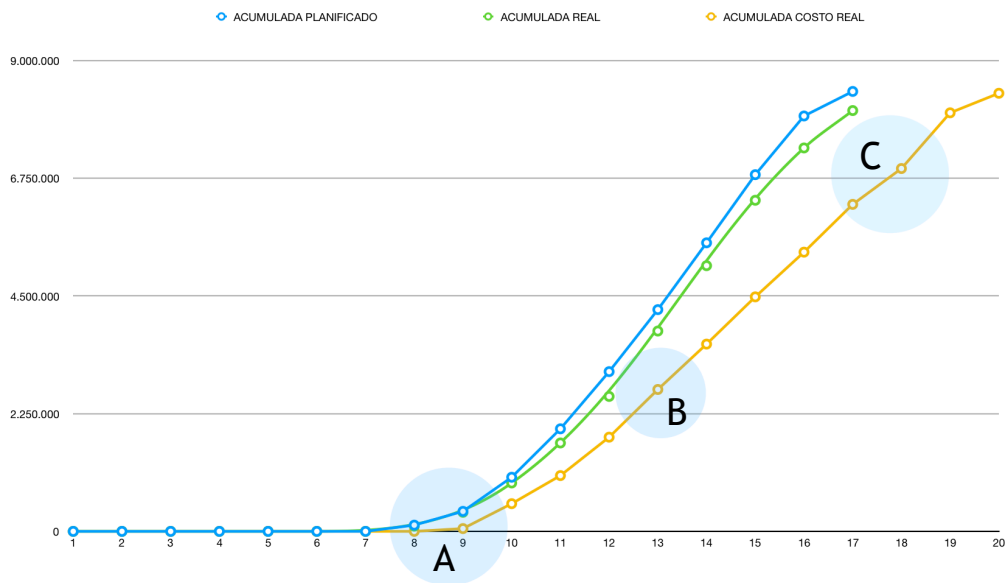
Figura 5.6 – Resultado porcentaje de la matriz de riesgo para el mayor impacto y probabilidad para eléctrica para la obra en estudio. (Elaboración: plataforma digital <http://www.itmplatform.com/es/recursos/matriz-de-evaluacion-de-riesgos/>).

Debido al atraso en el comienzo de la obra eléctrica, no se pudo tener holgura para aplicar ningún proceso que determine flexibilidad, y que fuera sin correr peligro de atrasar otras tareas aumentando el delta (la diferencia de la gráfica) entre lo planificado y lo real. De todas maneras se intentó gestionar ajustes al cronograma para lograr mayor eficiencia y que la planificación atrasada de la instalación eléctrica no agravara con mayores pérdidas para el conjunto de la obra.

El tercer rubro analizado fue la instalación de incendio a la que se le incorporó el EVM en la gráfica costos vs. tiempo.

PERIODO	PLANIFICADO PV (LINEA BASE)	ACUMULADA PLANIFICADO	VALOR GANADO EV (realmente ejecutado)	ACUMULADA REAL	COSTO REAL AC (costo de licitación - flujo de caja)	ACUMULADA COSTO REAL
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0
8	119.302	119.302	100.000	100.000	0	0
9	263.500	382.802	265.000	365.000	53.450	53.450
10	652.301	1.035.103	560.000	925.000	476.230	529.680
11	925.600	1.960.703	765.000	1.690.000	537.083	1.066.763
12	1.093.422	3.054.125	890.000	2.580.000	734.417	1.801.180
13	1.185.399	4.239.524	1.250.000	3.830.000	911.682	2.712.862
14	1.277.531	5.517.055	1.250.000	5.080.000	867.800	3.580.662
15	1.302.648	6.819.703	1.250.000	6.330.000	903.271	4.483.933
16	1.122.120	7.941.823	1.000.500	7.330.500	854.670	5.338.603
17	469.117	8.410.940	715.000	8.045.500	913.555	6.252.158
18					685.255	6.937.413
19					1.065.148	8.002.561
20					373.612	8.376.173
<b>TOTAL</b>	8.410.940		8.045.500		8.376.173	

Tabla 5.16 – Costo planificado, valor ganado y valor real de incendio. (Elaboración propia)



Gráfica 5.9 - Gráfica EVM - Costo vs tiempo para incendio. (Elaboración propia).

Se marcaron tres situaciones en la Gráfica 5.9 donde se reconocen desvíos entre las curvas planificada y la real.

El punto A representa el desvío desde el inicio de la obra debido a que comenzó con retraso, generando una distancia entre las curvas que se mantuvo en todo el período de obra. En el punto B se incrementó este desvío entre lo realmente ejecutado con lo planificado. Finalmente, en el punto C las curvas se separan aún más, indicando que se produjo un desvío mayor al de los primeros meses, o sea, no fueron suficientes las acciones de reparos para reducir el desfase respecto a lo planificado. Con la incorporación de la flexibilidad, el riesgo y el ajuste del cronograma, se desarrollaron medidas correctivas para que las curvas tiendan a acercarse durante el período de la obra.

Para mayor análisis se consideró el punto B, como situación intermedia de la gráfica, por ende del avance de la obra, en el que fue posible realizar acciones correctivas para revertir la situación de atraso y de esta forma lograr corregir lo que realmente sucedió. Se observó que en el punto C la diferencia de las curvas se intensifica respecto a los puntos A y B, por lo tanto se deduce que fue muy difícil tomar acciones correctivas a medida que la obra presenta mayor avance.

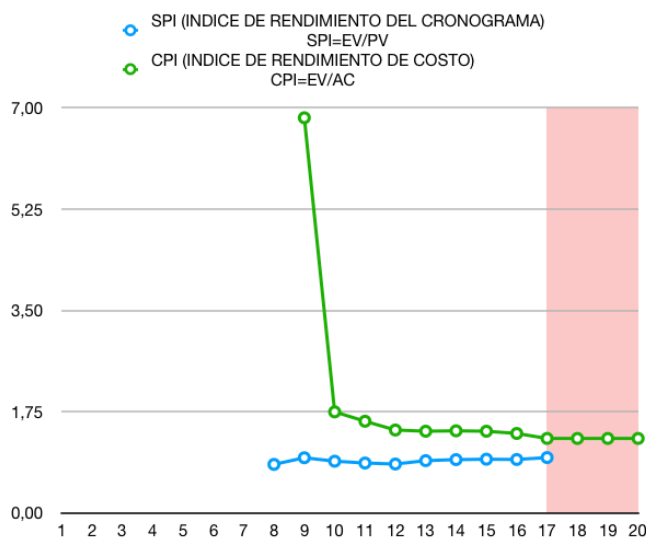
En el punto B, correspondiente al mes 13 de la obra, se pudo observar claramente según los resultados obtenidos en la gráfica, que existieron en obra atrasos de plazo y sobre-costos, lo que ocasionó modificaciones en el cronograma.

En Tabla 5.17 se marcaron los índices SV, CV, SPI y CPI destacando los valores para el mes 13; las celdas con triángulo de color rojo tienen valor nulo porque representaron un llamado de atención debido a los atrasos.

INCENDIO - EVM -

PERIODO	SV (DESVIACION DEL CRONOGRAMA) SV=EV-PV	CV (DESVIACION DEL COSTO) CV=EV-AC	SPI (INDICE DE RENDIMIENTO DEL CRONOGRAMA) SPI=EV/PV	CPI (INDICE DE RENDIMIENTO DE COSTO) CPI=EV/AC
1	0	0	▲	▲
2	0	0	▲	▲
3	0	0	▲	▲
4	0	0	▲	▲
5	0	0	▲	▲
6	0	0	▲	▲
7	0	0	▲	▲
8	-19.302	100.000	0,84	▲
9	-17.802	311.550	0,95	6,83
10	-110.103	395.320	0,89	1,75
11	-270.703	623.237	0,86	1,58
12	-474.125	778.820	0,84	1,43
13	-409.524	1.117.138	0,90	1,41
14	-437.055	1.499.338	0,92	1,42
15	-489.703	1.846.067	0,93	1,41
16	-611.323	1.991.897	0,92	1,37
17	-365.440	1.793.342	0,96	1,29
18	0	-6.937.413	▲	1,29
19	0	-8.002.561	▲	1,29
20	0	-8.376.173	▲	1,29
TOTAL				

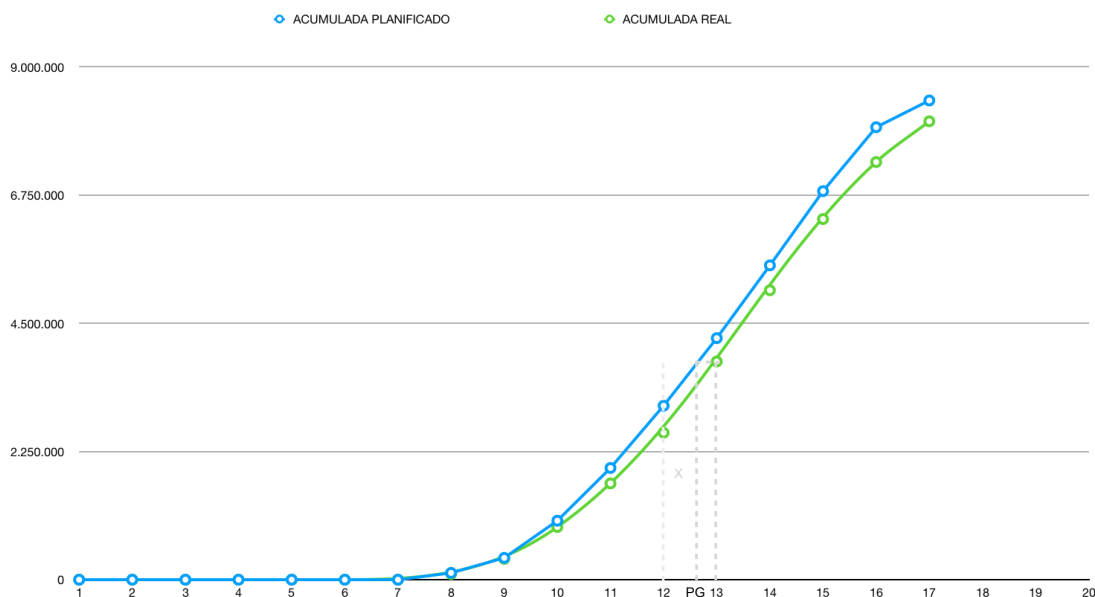
Tabla 5.17 – Valores de SV, CV, SPI y CPI para incendio. (Elaboración propia).



Gráfica 5.10 - Valores SPI y CPI para incendio. (Elaboración propia).

La Tabla 5.17 expone los valores de SPI y CPI, en la que se pudo visualizar que existieron desvíos en todos los meses y de igual modo se realizó el estudio del EVM para el punto B.

A diferencia de la gráfica de albañilería, estructura, sanitaria y ascensores (Gráfica 5.4) que aportó resultados con mayor precisión; para el caso de la instalación de incendio (Gráfica 5.9) no arrojó resultados nuevos a los ya brindados por la Gráfica 5.10, debido a que desde el comienzo, existió una diferencia muy grande de plazos y costos, y fue en aumento durante los meses de la ejecución de obra.



Gráfica 5.11 - Programación Ganada para Mes 13 - Incendio. (Elaboración propia).

Igualmente en el caso de la instalación de incendio, se alcanzó a analizar el factor P, tal cual se hizo para el caso de albañilería, estructura, sanitaria y ascensores, tomando como referencias los datos obtenidos del EVM en cuanto a los costos y tiempos. Se computó el factor P con los datos de Valor Ganado (EV) / Valor Planeado (PV) para el mes 13 (punto B de la Gráfica 5.9), momento donde se habían visualizado mayores desvíos.

A partir de la Gráfica 5.11 se calculó el valor del PG para el mes 13, siendo:

$$PG(13) = 12 + (EV13 - PV12) / (PV13 - PV12)$$

$$PG(13) = 12 + (3.830.000 - 3.054.125) / (4.239.524 - 3.054.125) =$$

$$12 + 775.875 / 1.185.399 = 12,654$$

Se obtuvo el valor de PG, resultando ser el valor de x igual a 0,654, lo que correspondió que la PG(13) es de 12,654 meses. Este resultado confirmó lo que visualmente se registró en la Gráfica 5.11, donde existió un retraso de las actividades.

A continuación se pudo realizar el cálculo del factor P de acuerdo al siguiente enunciado:

$$P = \Sigma EV (PG) / \Sigma PV (PG)$$

Siendo el valor del factor P:

$$\Sigma EV (PG) = EV(12)+(EV(13)-EV(12))*X \text{ y el valor de } \Sigma PV (PG) = EV (13) = 3.830.000$$

$$P = 2.580.000 + ((3.830.000 - 2.580.000) \times 0,654) / 3.830.000 = 0,89$$

El factor P resultante indicó que el 89% del trabajo realizado correspondía al trabajo planificado, o sea que los trabajos al mes 13 estaban con un desvío negativo igual al 11%.

Posteriormente se implementó en la instalación de incendio, las tablas del cronograma para el análisis del factor P, de igual modo que se realizó para albañilería, estructura, sanitaria y ascensores se elaboró un resumen de las tareas planificadas para la obra de incendio que fueron representadas de forma mensual en color azul en la tabla a continuación.

PLAN DE TRABAJO TOTAL

ITEM	TAREA	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20
1	TANQUES Y BOMBAS								■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2	RED INCENDIO ROCIADORES									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3	RED DE INCENDIO HIDRANTES										■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
4	DETECCION Y ALARMA													■	■	■	■	■	■	■	■
5	COMBATE PASIVO - EXTINTORES - SENALIZACION																			■	■

Tabla 5.18 – Plan de trabajos estimado de incendio para la obra de estudio. (Elaboración propia).

A partir de la Tabla 5.18 se desprende la Tabla 5.19, donde se indicó para el mes 13 cuáles tareas debieron ejecutarse (color azul) y cuáles tareas que no debían realizarse, fueron ejecutadas (color celeste).

PLAN DE TRABAJO AL MES 13 INCORPORANDO EL FACTOR P

ITEM	TAREA	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20
1	TANQUES Y BOMBAS								■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2	RED INCENDIO ROCIADORES									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3	RED DE INCENDIO HIDRANTES										■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
4	DETECCION Y ALARMA													■	■	■	■	■	■	■	■
5	COMBATE PASIVO - EXTINTORES - SENALIZACION																			■	■

Tabla 5.19 – Plan de trabajos estimado al mes 13 de incendio para la obra de estudio. (Elaboración propia).

PLAN DE TRABAJO AL MES 13: LO QUE REALMENTE SE AVANZO HASTA EL MES 13

ITEM	TAREA	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20
1	TANQUES Y BOMBAS								■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2	RED INCENDIO ROCIADORES									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3	RED DE INCENDIO HIDRANTES										■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
4	DETECCION Y ALARMA													■	■	■	■	■	■	■	■
5	COMBATE PASIVO - EXTINTORES - SENALIZACION																			■	■

Tabla 5.20 – Plan de trabajos real al mes 13 de incendio para la obra de estudio. (Elaboración propia).

En la Tabla 5.20 al incorporar el factor P, queda representado lo que realmente se realizó al mes 13. El procedimiento no suele ser lineal, resultando que hay tareas que empezaron después o tareas que finalizaron antes.

En la Tabla 5.21 se incorporó el factor P computado y se dedujo cuales fueron las tareas que pudieron alcanzarse, o sea, que el avance al mes 13 representó un avance real al mes 12,654 en relación al cronograma de avance planificado.

PLAN DE TRABAJO AL MES 13: LO QUE REALMENTE SE AVANZO HASTA EL MES 13

ITEM	TAREA	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20
1	TANQUES Y BOMBAS																				
2	RED INCENDIO ROCIADORES																				
3	RED DE INCENDIO HIDRANTES																				
4	DETECCION Y ALARMA																				
5	COMBATE PASIVO - EXTINTORES - SENALIZACION																				

Tabla 5.21 - Plan de trabajos incorporando el factor P en el mes 13 de incendio para la obra de estudio. (Elaboración propia).

El siguiente análisis residió en la evaluación de los riesgos, aportando una fácil detección de los inconvenientes surgidos en la obra. Se hizo énfasis en cuales fueron los principales riesgos que afectaron al avance de la obra hasta el mes 13 para el subcontrato de incendio.

En la Figura 5.8 se reproduce la matriz de riesgo que surgió de la Figura 5.7 para el riesgo identificado con mayor impacto y mayor probabilidad.



Figura 5.7 – Resultado de evaluación de la matriz de riesgo para incendio de la obra en estudio. (Elaboración: plataforma digital <http://www.itmplatform.com/es/recursos/matriz-de-evaluacion-de-riesgos/>).

### Retrasos de obra civil - Comienzo t...

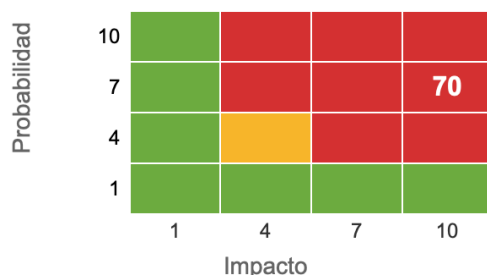


Figura 5.8 – Resultado porcentaje de la matriz de riesgo para el mayor impacto y probabilidad para incendio de la obra en estudio. (Elaboración: plataforma digital <http://www.itmplatform.com/es/recursos/matriz-de-evaluacion-de-riesgos/>).

Seguidamente, se incorporó la flexibilidad al avance del subcontrato de incendio, variable que como ya fue dicho, no consideró la realidad de la obra puesto que se pretendió realizar un estudio teórico considerando eventuales medidas viables para poder determinar su relevancia dentro del conjunto del proyecto de arquitectura.

Para disponer de mayor flexibilidad, se propuso aumentar el horario previsto de trabajo para los operarios, agrupando grupos de tareas en los horarios diurno y nocturno respectivamente. Aunque se incrementaron los costos de mano de obra y de gestión, esta medida contribuyó en mitigar el atraso que se venía gestando desde inicio por el comienzo tardío de las tareas de incendio, como consecuencia de los atrasos de la obra civil. El aumento en los costos resultó despreciable con respecto a los pagos de multas por el atraso total de la obra, y haber llegado a la fecha prevista de finalización del proyecto.

PLAN DE TRABAJO TOTAL

ITEM	TAREA	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20
1	TANQUES Y BOMBAS																				
2	RED INCENDIO ROCIADORES																				
3	RED DE INCENDIO HIDRANTES																				
4	DETECCION Y ALARMA																				
5	COMBATE PASIVO - EXTINTORES - SEÑALIZACION																				

Tabla 5.22 – Plan de trabajos con flexibilidad de incendio para la obra de estudio. (Elaboración propia).

En la Tabla 5.22 con el plan de trabajos del subcontrato de incendio, se representó la afectación producto de la incorporación de la flexibilidad con el trabajo en doble turno para mejorar el rendimiento, resultando fundamental haberlo realizado cuando fueron detectados los desvíos negativos en los meses 10 y 11. De esta manera se pudo solucionar lo antes posible la reducción del desvío ocasionado en el mes 13 en relación al plan de obras planificado.

### 5.3 ANÁLISIS - DISCUSIÓN DE DATOS

A partir de las gráficas de avance de obras en función del costo y del tiempo, el modelo de gestión enfocado en esta investigación fue que las gráficas deberían ser dinámicas, tanto para su realización como para su interpretación, lo que se consideró de vital importancia incorporar métodos de gestión, ya utilizados en otros campos u otras disciplinas, los cuales ayudarán a detectar los conflictos de forma rápida y precisa logrando mejores resultados en obra. Estos indicadores deben ser flexibles y continuos en el proceso para que comuniquen señales de alerta tempranas.

De los resultados analizados en el capítulo que antecede, se expone en la Tabla 5.23 cuáles fueron los indicadores más apropiados para cada herramienta de gestión de acuerdo al desempeño del contratista principal, el subcontrato de eléctrica y el subcontrato de incendio.

	Contratación	Certificación	Cronograma	Reuniones de Obra	Seguros	Gestión
<b>Contratista Principal</b> Albañilería, Estructura, Sanitaria, Ascensores	Contrato principal de organización y administración Obra completa Precios Unitarios	Mensual por avance de obras	Quincenal	Semanal	TRC (Todo Riesgo Construcción)	Control de cronograma de barras
	<b>EVM -P - R</b>	<b>EVM - P</b>	<b>EVM - P - F - Red</b>	<b>EVM - F</b>	<b>EVM - R</b>	<b>EVM - F - Red</b>
<b>Subcontrato 1</b> Eléctrica	Contrato único Llave en mano Precios Unitarios	Por hitos de materiales y por avance de obra mensual	Quincenal adaptándose al contratista principal	Semanal	SCM (Seguro Construcción y Montaje)	Control de cronograma
	<b>EVM -P - R</b>	<b>EVM - P</b>	<b>EVM - P - F - Red</b>	<b>EVM - F</b>	<b>EVM - R</b>	<b>EVM - F - Red</b>
<b>Subcontrato 2</b> Incendio	Contrato único Llave en mano Ajuste Alzado	Mensual por avance de obra	-	Quincenal	Póliza	-
	<b>EVM - R</b>	<b>EVM -P</b>		<b>EVM - F</b>	<b>EVM - R</b>	<b>EVM - F</b>

Tabla 5.23 - Esquema de Eficiencia en el Empleo de Herramientas para la obra en estudio. (Elaboración Propia).

EVM	P	R	F	Red
Método del Valor Ganado, del inglés Earned Value Method	Factor P	Riesgo	Flexibilidad	Estructura de red

Tabla 5.24 - Simbología empleada en Tabla 5.23. (Elaboración Propia).



Adicionalmente, al reforzar el aprendizaje que se produjo durante el ciclo de vida del proyecto, el caso de estudio nos proporcionó experiencia y además, su aplicación deberá ser intrínseca a la gerencia de obra desde el comienzo de una nueva obra de arquitectura contando con el esquema base desde el punto de partida, mas allá de que todas las obras son eventualmente diferentes y presentan distintas exigencias.

Los indicadores con mayor eficiencia en la práctica de esta investigación quedaron representados en la Tablas 5.23 y 5.24, y se expusieron en las Tablas 5.25 y 5.26 los resultados esquematizados mediante símbolos para facilitar su visualización.

Para el conjunto de la obra, los indicadores con mayor eficiencia en su práctica fueron a causa del empleo del método EVM y el factor P, puesto que por su respuesta gráfica atendieron las premisas de la investigación garantizando resultados claros y de fácil comprensión.

Por lo tanto, no fue necesario realizar el estudio pormenorizado para la obra completa ya que los resultados parciales obtenidos con el contratista principal fueron muy relevantes debido a su alta incidencia (que superó el 65%) en el total del proyecto de inversión y su puesta en operación. Se ha podido precisar que emplear el EVM y el factor P para el conjunto de la obra es igualmente relevante y ampliamente necesario, además adquiere mayor trascendencia cuando debe optarse por el estudio detallado de un solo contratista. Por esta razón y como puntualización, se aconseja que siempre que sea viable, se debe realizar el estudio para la mayor cantidad posible de contratistas y si necesariamente debe optarse por uno, se debe escoger el contratista con mayor entidad en cuanto a los costos y plazos.

	EVM	Factor P	Estructura en Red	Riesgo	Flexibilidad
Albañilería Estructura Sanitaria Ascensores	✓	✓	✓	—	—
Eléctrica	—	✗	✗	✓	—
Incendio	—	—	✗	✓	✓
Obra Completa	✓	✓	✓	—	—

Tabla 5.25 - Eficacia de los indicadores de desempeño para los contratistas del caso de estudio. (Elaboración Propia).

✓	Se implemento con resultados eficientes.
—	Se implemento con resultados medios.
✘	No sé implemento o no aportó resultados relevantes.

Tabla 5.26 - Simbología empleada en Tabla 5.25. (Elaboración Propia).

La integración de los datos obtenidos en el capítulo anterior fueron expuestos en la Tabla 5.25, distinguiendo los resultados de acuerdo a la eficacia de los indicadores adaptados al caso de estudio, deduciendo por lo tanto, que el impacto resultante en la totalidad de la obra representó similitud respecto al del contratista principal.

La supervisión y perfeccionamiento del cronograma se realizó quincenalmente para la obra completa, en base a la planificación del contratista principal. Los subcontratos por conveniencia accedieron y se alinearon al cronograma, por esta razón no contaron con su propia programación; a causa de esta experiencia, fueron originadas situaciones desfavorables que afectaron la totalidad de la obra, por tanto la estructura de red para este caso de estudio contiene singulares desigualdades. En consecuencia, es de absoluta importancia exhortar a que cada subcontratista realice su cronograma atendiendo sus necesidades y requisitos (en cuanto a tiempos, mano de obra, suministro de insumos, entre otros) y luego en forma conjunta, efectuar una estructura de red completa para la generalidad de la obra, entendiendo que esta conducta generará, en cada uno de los involucrados, un aprendizaje compartido con responsabilidades más conscientes.

Finalmente, profundizar en el análisis sobre la gestión en obras de arquitectura, con la finalidad de determinar si las contribuciones utilizadas fueron provechosas de modo particular, debido a las limitaciones de los métodos incorporados, o si proporcionaron respuestas válidas que engloben a la mayor pluralidad de obras. En este sentido, es importante subrayar que el análisis evaluativo procuró colaborar, gracias al aprendizaje, un enfoque generador con mayor impulso y dinamismo para la administración de obras.

## **6. CONCLUSIONES Y FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN**

---

En este capítulo fueron presentadas las conclusiones finales del presente trabajo, y a continuación se han formulado sugerencias para futuras investigaciones alineadas con la temática.

### **6.1 CONCLUSIONES**

Es conveniente recordar que la presente tesis de investigación tuvo como objetivo principal contribuir con el manejo de estrategias para gerenciar obras de arquitectura dentro del contexto uruguayo.

En respuesta al objetivo principal, se buscó colaborar con el gerenciamiento de obra, utilizando herramientas que ayuden en la toma activa de decisiones disminuyendo los conflictos, adoptando estrategias en base a los resultados y en experiencias obtenidas a partir de la gráfica de costos vs. plazos vinculadas a la implementación de acciones colaborativas (ver Tabla 5.25 - Eficacia de los indicadores de desempeño para los contratistas del caso de estudio).

El EVM, el factor P y la estructura de red fueron los indicadores que presentaron los resultados más notables colaborando en dirección a un atento y cuidadoso gerenciamiento de obras dentro del contexto nacional. Para obtener resultados de mayor operatividad fue importante recolectar los datos en el momento apropiado con la finalidad de remediar y anticiparse a las variaciones que surgieron durante el proceso de obra. En función de lo expuesto se concluye que EVM y Factor P son ampliamente relevantes y necesarios para aplicar en la gestión de los procesos de obra, y conjuntamente con la estructura de red arrojaron los mejores resultados para anticiparse y generar señales de alerta en el proceso de producción de obras.

Fue posible aprovisionar de variables al riesgo, a la flexibilidad y al cronograma mediante el empleo de herramientas de gestión para los segmentos de análisis, que condujeron a una mirada positiva de la situación y con foco en obtener mayor rendimiento. Por esta razón fue

determinante recomendar su inclusión de forma rigurosa para su aplicación en todo proyecto arquitectónico.

En vista de que los resultados constatados en esta investigación fueron relevantes para el seguimiento y control, se considera importante incluir una descripción del estado de una situación concreta de la obra (convenido previamente si es semanal, quincenal, mensual o los tres), a través de informes que deben ser dinámicos por su naturaleza. Por lo tanto, para colaborar con el control y seguimiento de obra es relevante realizar en la planificación protocolos de actuación con informes dinámicos para mostrar el escenario de la obra en determinados periodos de tiempo.

Se propuso como objetivo específico analizar la eficiencia del método EVM con la incorporación del riesgo, la flexibilidad, la estructura de red y el factor P, debido a que éstos no han sido integrados en los métodos de análisis de estudio en el gerenciamiento de proyectos de obras de arquitectura.

En relación al análisis de eficiencia planteado anteriormente, se demostró que todos los indicadores empleados en esta investigación fueron beneficiosos para comprender los procesos de gestión de la obra dentro de su propia complejidad, profundizando en la comprensión de la administración dentro del contexto nacional. De esta manera, permitió visualizar las diferencias entre lo planificado y lo real, de forma ágil para tomar decisiones relevantes, impulsando la anticipación de conflictos o eventos que condicionen de forma negativa al avance de los costos y de los plazos previstos para el proyecto en su conjunto.

Además fue posible concluir que la implementación de todos los indicadores analizados fueron de utilidad para el gerenciamiento, pero no todos los indicadores son igual de eficientes para todas las etapas de obra como se indica en la Tabla 5.23 y Tabla 5.25 (Esquema de Eficiencia en el Empleo de Herramientas para la obra en estudio y Eficacia de los indicadores de desempeño para los contratistas del caso de estudio, respectivamente).

El segundo objetivo específico consistió en profundizar en modelos gráficos que sean claros y de fácil mapeo y visualización, vinculados además con herramientas de gestión delineadas para cada obra, que contribuyan en la mejora de los proyectos a nivel nacional. En correspondencia a este objetivo, se evidenció que el uso de las tablas y gráficas de EVM con la programación ganada, estructura de red, valores de SPI y CPI son de gran utilidad en la visualización de eventos críticos que permiten su anticipación y alerta temprana como se demostró en la Gráfica 5.5 (Valores SPI y CPI para albañilería, estructura, sanitaria y ascensores), Gráfica 5.6 (Gráfica EVM - Costo vs. tiempo, indicando mes 8 para albañilería, estructura, sanitaria y ascensores), Figura 5.2 (Programación Ganada para Mes 10) y en la Tabla 5.14 (Plan de trabajos real de albañilería, estructura, sanitaria y ascensores para la obra de estudio con tareas con avance adelantado para cubrir el riesgo del mes 9).

Asimismo, la presente investigación confirmó nuevamente que las intervenciones deben realizarse lo antes posible ya que resulta muy dificultoso corregir a medida que la obra avanza con un contratiempo a atacar, por lo tanto es posible puntualizar que cuanto mayor es el avance de la obra, menores son los efectos favorables en su corrección. Considerando lo expuesto, es valioso para los procesos de producción en la obra la toma de decisiones en el momento justo a través de protocolos de acción para obtener mejores resultados.

## **6.2 SUGERENCIAS PARA FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN**

Los trabajos de investigación ayudan a clarificar algunas interrogantes, sin embargo generan nuevas preguntas y abren nuevos caminos de trabajo en el tema estudiado. En esta sección se presentaron sugerencias para futuras líneas de investigación que pueden ser de interés:

- En el estudio realizado en esta tesis se contó con la información de lo ocurrido en la obra, por lo cual se decidió tomar en cuenta las situaciones donde se visualizaron desvíos, como sugerencias para futuras investigaciones se propone una investigación interviniente (metodología de investigación - acción) para evaluar punto a punto (mes a mes) y llevar a cabo factores de corrección que permitan dar solución a los desvíos alertados.
- Se recomienda analizar las desviaciones periódicamente y su representación gráfica para evaluar el estado del proyecto a la fecha de control e identificar las tendencias de desempeño.
- Plantear nuevos indicadores que colaboren con mayor cantidad de índices y/o más exactos.
- Preparar nuevas herramientas de gestión más eficientes y objetivas, para los procesos de producción de obras.

Se invita a futuros investigadores a realizar estos y otros estudios, que pongan en práctica en obras de arquitectura desde su inicio, y de esta forma incrementar las conclusiones y efectos de la presente tesis.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

ACMS CONSULTORES, (2016). **Flexibilidad en las Organizaciones**. Disponible en <https://www.grupoacms.com/noticias/flexibilidad-la-clave-de-un-futuro-prospero-en-las-organizaciones->, accedido el 18/08/2018.

ARROYO, L. (2010). **Aplicación de la Técnica del Valor del Trabajo Realizado (Earned Value Management) a programas que incluyen elementos de operación continua**. Disponible en [http://www.allpm.com/allpmnewsletter/August2010/Word/Article\\_8\\_Spanish\\_0810.pdf](http://www.allpm.com/allpmnewsletter/August2010/Word/Article_8_Spanish_0810.pdf), accedido el 05/08/2015.

APQC, AMERICAN PRODUCTIVITY & QUALITY CENTER, (2015). **Definición de Benchmarking**. Disponible en <https://www.apqc.org/APQC-knowledge-base>, accedido el día 16/07/2015.

AVILA, R. (2015). **Cómo gestionar riesgos en proyectos con una matriz de riesgos**. Disponible en <https://blog.luz.vc/es/como-hacer/como-a-gestión-de-riesgo-proyectos-in-a-madre-de-riesgos/>, accedido el día 17/07/2018.

BID (Banco Interamericano de Desarrollo) (2016). **Gestión de Proyectos de Desarrollo**. Certificación Project Management Associate (PMA). INDES, PM4R, Project Management Institute.

BALLARD, G. ; REISER, P. (2004). **The St. Olaf College Fieldhouse Project: a Case Study in Designing to Target Cost**. Helsingor, Dinamarca.

BOGDAN, R. ; BIKLEN, S. (1982). **Qualitative research for education: and introduction to theory and methods**. Allyn and Bacon. Boston. Estados Unidos

BSE, BANCO DE SEGUROS DEL ESTADO. **Todo Riesgo Construcción**. Disponible en <https://www.bse.com.uy/inicio/seguros/seguros-empresariales/ramos-tecnicos/todo-riesgo-construccion/>, accedido el día 08/08/2017.

CHASE, R., JACOBS, F., Y AQUILANO, N. (2007). **Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva**. Ed. 10, Editorial McGraw Hill. México.

CHETTY, S. (1996). **The Case Study Method for Research in small – and medium – size firms**. International Small Business Journal, Volume 5. USA.

COLOMBO, G. (2016). Notas del Consejo Profesional de Arquitectura y Urbanismo. Revista Numero 32, Buenos Aires. Argentina. P17.

COSTA, D. (2003). **Diretrizes para concepção, implementação e uso de sistemas de indicadores de desempenho para empresas da construção civil**. Tesis de Maestría. Facultad de Ingeniería, Universidad Federal do Rio Grande do Sul, Brasil.

CUGART, J., ROMEO, M. (2009). **Propuesta de un cuadro de indicadores para un sistema de gestión integrada (calidad, medio ambiente y PRL) específico del sector de la construcción**. Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, España.

DOMINGUEZ, A. (2016). Notas del Consejo Profesional de Arquitectura y Urbanismo. Revista Numero 32, Buenos Aires. Argentina. P17.

DUNCAN, W. (200). **A guide to the project management body of knowledge (PMBOK)**. Project Management Institute (PMI). Pennsylvania, USA.

EOI (ESCUELA DE ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL). **El EVM en el sector de la construcción. Executive MBA Internacional en Empresas del Sector de las Infraestructuras**. Disponible en <http://www.eoi.es/blogs/embacon/2013/05/13/el-evm-en-el-sector-de-la-construccion/>, accedido el 10/12/2015.

FORMOSO, C.; Lantelme E., Tzortzopoulos, P; Barros Neto, J.; Fensterseifer, J.; ABREU, T.; Moreira, M. (2003). **Gestão da qualidade na construção civil: estratégias e melhorias de processo em empresas de pequeno porte. Gestão da qualidade na construção civil: estratégias e melhorias de processo em empresas de pequeno porte**. Porto Alegre, Brasil. P. 250-395

FORMOSO, C. (2001). **Planejamento e controle da produção em empresas de construção**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.

GARCIA SABATER, J. (2013), **Indicadores KPI (Key Performance Indicators)**. Universidad Politécnica de Valencia. Disponible en <https://riunet.upv.es/handle/10251/30752>, accedido el 25/08/2015.

GARCIA, M. A. (1999). **Trabajo y capital monopolista, veinticinco años después: Un texto clásico todavía vigente**. Departamento de Sociología y A. Social. Universidad de Valencia. España.

GERENCIA Y NEGOCIOS EN HISPANO AMÉRICA (2015). **Gerencia de Proyectos**. Disponible en: [http://www.degerencia.com/tema/gerencia\\_de\\_proyectos](http://www.degerencia.com/tema/gerencia_de_proyectos) accedido el día 15/02/2015.

GIL, A. (2002). **Cómo elaborar Proyectos de Pesquisa**. Cuarta Edición, Atlas. Sao Paulo, Brasil.

GINNER, G. (2010). **Propuesta Metodología para la ampliación de AHP y ANP al Proceso de toma de decisiones asociado a la evaluación de la autorización ambiental integrada**. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Proyectos de Ingeniería. Valencia, España.

HEREDIA, R. (1995). **Dirección Integrada de Proyectos (DIP) "Project Management"**. Ed. Gráficas MAR CAR S.A. Ulises, 95 – 28043 Madrid. p.25.

HERNANDEZ, R.; FERNANDEZ, C.; BAPTISTA, P. (2006). **Metodología de la Investigación**. Editorial McGraw-Hill Interamericana. Cuarta edición, México.

INFOTEP, INSTITUTO NACIONAL DE FORMACION TECNICO PROFESIONAL. **Metodología de Medición y Mejoramiento de la Productividad Empresarial**.

JORGENSEN, T.; WALLACE, S. (2000). **Improving project cost estimation by taking into account managerial flexibility**. European Journal of Operational Research, vol 127, pp: 239-251.

KAPLAN, Robert S.; NORTON, David. The balanced scorecard: measures that drive performance. **Harvard Business Review**, p. 71-79, Jan./Feb. 1992

KERN, A. (2005). **Proposta de um modelo de planejamento e controle de custos de empreendimentos de construção**. Doctorado en Ingeniería Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Porto Alegre. Brasil.



LIPKE, W. (2003). **Schedule is different**. The Measurable News, Tinker AFB, Oklahoma, USA.

LIPKE, W. (2004). **Connecting earned value to the schedule**. Tinker AFB, Oklahoma, USA.

LIPKE, W. (2009). **Earned Schedule (An Extension to Earned Value Management for Managing Schedule Performance)**. Lulu Publishing. USA.

LEAL, N. M. (2002). **Diseño de un sistema socio técnico en la empresa workspaces que ayude a organizarse para trabajar con conceptos de manufactura de clase mundial, Maestría en Ciencias de la administración con especialidad en relaciones industriales**. Tesis de Maestría. Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Universidad Autónoma de Nuevo León. México.

MARIGIL, J. (2013). **El EVM en el sector de la construcción**. Executive MBA Internacional en Empresas del Sector de las Infraestructuras, Escuela de Organización Industrial. España. Disponible en <https://www.eoi.es/blogs/embacon/2013/05/13/el-evm-en-el-sector-de-la-construccion/>, accedido el 13/06/2017.

MARSHAL, R. (2007). **The Contribution of Earned Value Management to Project Success on Contracted Efforts**. Journal of Contract Management. Disponible en <http://docslide.us/documents/the-contribution-of-evm.html>, accedido el 08/08/2015.

MARTÍNEZ, M.; ALCARRIA J. (2006). **Los sistemas de indicadores no financieros como instrumento de medición del rendimiento organizativo. Estudio de un caso**. Revista de Contabilidad y Dirección Vol. 3, año 2006, pp 251-274. Castellon, España.

MARTINEZ, P.(2006). **El Método de Estudio de Caso. Estrategia Metodológica de la Investigación Científica**, Artículo Pensamiento y Gestion, Publicado para Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia.

MATTOS, A. D. (2010). **Planejamento e controle de obras**. Editorial PINI. Sao Paulo, Brasil.

MONKS, J. (1991). **Administración de operaciones**. Ed. McGraw Hill. México.

MUIÑO, A. (2009). **Limitaciones en el método del valor ganado (parte 1)**. Disponible en <https://adrianmuino.wordpress.com/2009/06/02/limitaciones-en-el-metodo-del-valor-ganado-parte-1/>, accedido el 16/01/2016.

MUIÑO, A. (2009). **Limitaciones en el método del valor ganado (parte 2)**. Disponible en <https://adrianmuino.wordpress.com/2009/06/02/limitaciones-en-el-metodo-del-valor-ganado-parte-2/>, accedido el 16/01/2016.

MULLER, C. J. (2003). **Modelo de gestao integrando planejamento estratégico, sistema de avaliacao de desempenho e gerenciamento de procesos (MEIO – Modelo de Estratégia, Indicadores e Operacoes)**, Tesis de Doctorado. Maestría en de la Produccion, UFRGS, Porto Alegre, Brasil.

NAVARRO, D. (2014). **Seguimiento de proyectos con el Análisis del Valor Ganado**. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

PARODI, C. (2001). **El lenguaje de los proyectos. Gerencia social. Diseño, monitoreo y evaluación de proyectos sociales**. Universidad del Pacífico. Lima, Perú.

PAJARES, J.; ACEBES, F.; GALAN, J.; LOPEZ, A. (2013). **A new approach for Project control under uncertainty. Going back to the basics**. [www.sciencedirect.com/International](http://www.sciencedirect.com/International), Journal of Project Management 32, Valladolid y Burgos, España.

PAJARES, J.; LOPEZ, A. (2007). **Limitaciones y mejoras de la metodología del valor ganado en la gestión integrada del plazo y coste de proyectos**. In: 12th International Conference on Project Engineering, Zaragoza, España.

PAZARCEVIREN, S.; CELAYIR, D. (2013). **Target costing based on the activity-based costing method and a model proposal**. Diario Europeo Cientifico, Estambul, Turquia.

PEDROZO NAVARRO, G. (2005). **Proposta de sistema de indicadores de desempenho para gestao da Producao em empreendimentos de edificacoes residenciais**. Tesis de Doctorado. Curso de Maestría Profesional en Ingeniería. Universidad Federal do Rio Grande do Sul.

POMLP (Plan de Obras de Mediano y Largo Plazo) (2010). **Actividades del POMLP y Propuesta de Gestión**. Universidad de la República (UDELAR). Uruguay.

PODETTI, H. (2004). **Contrato de construcción**. Editorial ASTREA. Buenos Aires Argentina.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (PMI). (2017). **A guide to the project management body of knowledge (PMBOK)**. Editorial NEW SQUARE. Pennsylvania. USA.

RAE, REAL ACADEMIA ESPAÑOLA (2005). **Diccionario de la lengua española, España**, Disponible en <http://www.wordreference.com/definicion/prospectivo> accedido del día 14/02/2015.

RODRIGUEZ DE RIVERA, J. (1999). **El Fordismo**. Departamento de Administración, Universidad Federal Fluminense. Brasil.

ROJAS, A. M. T. y PINTO R. C. A (2004). **Comparação entre critérios de normas internacionais aplicáveis ao concreto de alto desempenho**, Editorial Ibracon. Pagina 12.

RUDELI, N. (2019). **Proyectos de construcción: determinación de causas principales de retraso y desarrollo de modelos estadísticos para la mejora**. Tesis de Doctorado. Escuela Superior de Ingenieros Industriales, Universidad de Navarra, San Sebastián, España.

SAATY, T. (1997). **Toma De Decisiones para Líderes**. Publisher: RWS, Edición en español. Publications, Pittsburgh, EEUU.

SAATY, T. (2001). **The analytical network process. Decision making with dependence and feedback**. Pittsburg: RWS Publications, 2001.

SALAZAR, L.; BALLARD, G.; ARROYO, P.; Y ALARCÓN, L. (2018). **Indicators for Observing Elements of Linguistic Action Perspective in Last Planner® System**. 26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC), V. A. González, ed., Chennai, India.

SALAZAR, L.; RETAMAL, F.; BALLARD, G.; ARROYO, P.; Y ALARCÓN, L. (2019). **Results of Indicators from the Linguistic Action Perspective in the Last Planner® System**. 27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC), Pasquire C. and Hamzeh F.R. (ed.), Dublin, Irlanda.

SHAHIN, A.; ALI MAHBOD M. (2007). **Prioritization of key performance indicators**. **International Journal of Productivity and Performance Management**, Vol 56, N° 3, Editorial Emerald Group Publishing Limited.

SAUER, N.; (2020). **Integração da Gestão de Custos ao Planejamento e Controle da Produção baseado em Localização na Construção com apoio de BIM**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Construção e Infraestrutura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Brasil.

SINK, D; TUTTLE, C. (1993). **Planejamento e medição para performance**. Rio de Janeiro, Brasil.

TAVARES, L.; FERREIRA, J.; Y COELHO, J.(1999). **The risk of delay of a project in terms of the morphology of its network**. European Journal of Operational Research, vol 119, pp:510-537.

TAYLOR, F. (1919). **Principles of Scientific Management**. Editorial Harper & Brothers Publishers. Nueva York, EEUU.

TAYLOR, F. (1994). **Principios de la administración científica**. Ed. 11, Editorial El Ateneo. Buenos Aires, Argentina.

TEJADA, G. (2000). **Tutorial de Lógica Fuzzy**. Facultad de Ingeniería Electrónica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM). N°5, Lima, Perú.

TOYOTA MOTORS COPORATION (2015). **TPS. Sistema de Producción Toyota**. Disponible en [http://www.toyota.com.ar/experience/the\\_company/sist-prod.aspx](http://www.toyota.com.ar/experience/the_company/sist-prod.aspx) , accedido el 2/9/2015.

VALDERRAMA, F. (2010). **Dos modelos de aplicación del Método del Valor Ganado (EVM) para el sector de la construcción**. XIV International Congress on Project Engineering, Universidad Politécnica de Madrid, España.

VARGAS, F. (2018). **Método para planejamento e controle da produção baseado em zonas de trabalho e BIM** - Maestría de Pos graduación, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. UFRGS. Porto Alegre, Brasil.

VIGIL, C. (2001). **Algunas ideas claves para la gestión de proyectos internacionales en las universidades cubanas**, Editorial Félix Varela. La Habana, Cuba. pp. 7-54.

WOMACK, J.; JONES, D. (1996). **Lean Thinking. Simón and Schuster**. New York, Estados Unidos.

YIN, R. (1994). Investigación sobre estudio de casos. Diseño y métodos. Applied Social Research Methods Series, Vol. 5. International Educational and Professional Publisher. London, Inglaterra.

YIN, R. (2001). **Estudo de Caso: Planejamento e Metodos**. Bookman Publications, segunda Edición. Porto Alegre, Basil.

YIN, R. (2009). **Investigación sobre Estudio de Casos. Diseño y Métodos.** Sage Publications, segunda Edición, Volumen 5. Londres, Inglaterra.

## ANEXO I - CONTRATO DE CONFIDENCIALIDAD

---

Cláusula quinta, confidencialidad del contrato firmado entre el la empresa de gerencia y el investigador:

### **Quinto. Confidencialidad.**

Las partes acuerdan mantener estricta confidencialidad en todo lo relevante a las negociaciones llevadas a cabo para la celebración del presente Contrato, su contenido y sus Anexos.

El técnico contratado se obliga a mantener la confidencialidad de cualquier información que pueda serle provista por el Comitente en forma tangible, como ser: escritos, dibujos, fotografías, muestras, cintas magnéticas, modelos o cualquier otro medio y utilizarla únicamente para cumplir los fines previstos en el presente Contrato, no revelándola a terceros ajenos a la relación contractual. Esta obligación no será aplicable a información que: a) sea conocida antes de que le fuera revelada por el según se evidencie mediante registros escritos, b) sea revelada por terceros, siempre y cuando esto no sea en violación de una obligación de confidencialidad para con el Comitente, o, c) que sea o llegue a ser de conocimiento público, siempre que no ocurra por violación a la presente obligación de confidencialidad.

### **Sexto. Domicilios**

Las partes constituyen domicilios especiales para todos los efectos de este Contrato, en

## ANEXO II - OBSERVACIÓN DIRECTA

Las observaciones se realizaron de forma periódica, durante el proceso de producción del estudio de caso, con el fin de recoger el estado de situación del avance de obras. Se anexa el modelo de planilla utilizada.

### OBSERVACIONES

FECHA

#### OBSERVACIONES PARTICULARES:

NIVEL	HABITACIÓN	OBSERVACIONES	ESTADO

ESTADO DE AVANCE  ALTO  MEDIO  BAJO

#### OBSERVACIONES GENERALES:

---

---

---

#### RELEVAMIENTO FOTOGRÁFICO:

## ANEXO III - MINUTA DE REUNIÓN

---

Se anexa el modelo de la minuta de reunión utilizada durante la obra, la cual era enviada a todas las partes, dentro de las 24 horas de finalizada la reunión.

<b><u>MINUTA DE REUNION</u></b>	
Lugar y Fecha	Hora de inicio
<b>PRESENTES:</b>	
PARTICIPANTE	EMPRESA
<b>ORDEN DE DÍA:</b>	
1	ASUNTO
2	
3	
4	
5	
6	
7	
<b>FECHA DE LA PRÓXIMA REUNIÓN DE OBRA:</b>	
_____	

Página 1 de 2



**DESCRIPCIÓN DE LOS ASUNTOS TRATADOS Y COMPROMISOS ASUMIDOS**

- **ASUNTO 1:**
  
- **ASUNTO 2:**
  
- **ASUNTO 3:**
  
- **ASUNTO 4:**
  
- **OTROS ASUNTOS:**

## ANEXO IV - INFORME MENSUAL

---

Modelo del informe mensual utilizado durante el proceso de producción de la obra.

### INFORME MENSUAL N° : \_\_

Fecha: \_\_ \_\_ \_\_

COMITENTE: \_\_\_\_\_

PROYECTO Y DIRECCIÓN: \_\_\_\_\_

GERENCIAMIENTO DE OBRA: \_\_\_\_\_

CONTRATISTA PRINCIPAL: \_\_\_\_\_

#### INDICE:

1. Contratistas a la fecha.
2. Trabajos en proceso de contratación.
3. Trabajos a contratar.
4. Avance porcentual promedio de contratos
5. Estado de Licitaciones.
6. Resumen de avance porcentual de las obras.
7. Listado de adicionales en revisión y aprobados
8. Avance de Asesorías.
9. Avance de contratos.
10. Estado de compras y contratos
11. Cronograma de compras actualizado.
12. Avance de obra y relevamiento fotográfico
13. Anexo avances mensuales y acumulados, curvas, desvíos
14. Anexo desvíos Programas estimados y reales.

---

**1. CONTRATISTAS A LA FECHA:**

- **CONTRATISTA PRINCIPAL:**

- **INSTALACIÓN ELÉCTRICA:**
- **INSTALACION TERMOMECAÁNICA:**
- **INTERIORISMO HABITACIONES**

- **ALFOMBRAS HABITACIONES Y PASILLOS**

- **EQUIPAMIENTO LAVANDERÍA**
- **EQUIPAMIENTO GASTRONÓMICO**
- **EMPAPELADO HABITACIONES**
- **ARTEFACTOS DE ILUMINACION GENERAL**

- **CORTINAS DE HABITACION HOTEL-CASINO**
  - **CORTINAS IGNIFUGAS**
  - **CCTV EQUIPOS**
-

- 
- CABLEADO ESTRUCTURADO
  - CENTRAL TELEFONICAS
  - DETECCION INCENDIO
  - EQUIPAMIENTO HABITACIONES VIP
  - JARDINERIA EXTERIOR

- 
- ALFOMBRAS LOBBY

## **2. TRABAJOS EN PROCESO DE CONTRATACIÓN:**

## **3. TRABAJOS A CONTRATAR. (Fecha entrada en obra)**

---

**4. AVANCE PORCENTUAL PROMEDIO DE CONTRATOS**

	OBRA CIVIL SANITARIA E INCENDIO	OBRAS VARIAS Y COMPLEMENTARIA S	INSTALACION ELECTRICA Y BAJA TENSION	DEMOLICION Y OTROS	AIRE ACONDICIONADO	TOTAL
TOTAL HOTEL- CASINO/SALA SARANDI	Datos confidenciales					
AVANCE FISICO						
PORCENTAJE AVANCE FISICO						

**5. ESTADO DE LICITACIONES**

DENOMINACION	UBICACIÓN	OFERENTES INVITADOS	FECHA PEDIDO	ADJUDICADO	FECHA	O.C.
Datos confidenciales						

Datos confidenciales

**6. RESUMEN DE AVANCE PORCENTUAL DE LAS OBRAS**

	OBRA CIVIL	INST.INC.	INST.ELEC. (\$U)	INST.ELEC. (USD)	OBSERVACIONES
	Datos confidenciales				

---

**7. LISTADO COMPLEMENTARIO EN REVISION O APROBADOS**

OBRA	DETALLE	MONTO SOLICITADO	MONTO APROBADO	CONTRATISTA	OC
------	---------	------------------	----------------	-------------	----

Datos confidenciales					
----------------------	--	--	--	--	--

---

**8. AVANCE DE ASESORÍAS.**

ASESOR	ESPECIALIDAD	O.C	IMPORTE SIN IVA	AVANCE %	PAGADO %	OBSERVACIONES
Datos confidenciales						



---

**9. AVANCE DE CONTRATOS.**

CONTRATISTA	CONTRATO	O.C	IMPORTE SIN IVA	AVANCE %	PAGADO	SALDO ANTICIPO	SALDO TOTAL	OBSERVACIONES
-------------	----------	-----	-----------------	----------	--------	----------------	-------------	---------------

Datos confidenciales								
----------------------	--	--	--	--	--	--	--	--

---

**10. ESTADO DE COMPRAS Y CONTRATOS**

Insumos	Fecha Prevista de Compra	Fecha de ingreso a obra	Observaciones
Datos confidenciales			
Subcontratos	Fecha Prevista Contratación	Fecha de Ingreso a obra	Observaciones
Datos confidenciales			

---

### 11. CRONOGRAMA DE COMPRAS

ITEM	DESCRIPCION	FECHA DE ORDEN DE COMPRA	ENTREGA EN OBRA SEGÚN OC	PREVISTA A LA FECHA	NUMERO DE OC	OBSERVACIONES
1						
1.1						
1.2						
2						
2.1						
2.2						
2.3						
3						
3.1						
3.2						
3.3						
4						
4.1						
4.2						
4.3						
5						
5.1						
5.2						
5.3						
6						
6.1						
6.2						
7						
7.1						
7.2						
8						
8.1						
8.2						
8*						
8*.1						
8*.2						
9						
9.1						
9.2						
10						

Datos confidenciales

---

**12. RELEVAMIENTO FOTOGRAFICO IMPLANTACION OBRA**

FOTO

FOTO

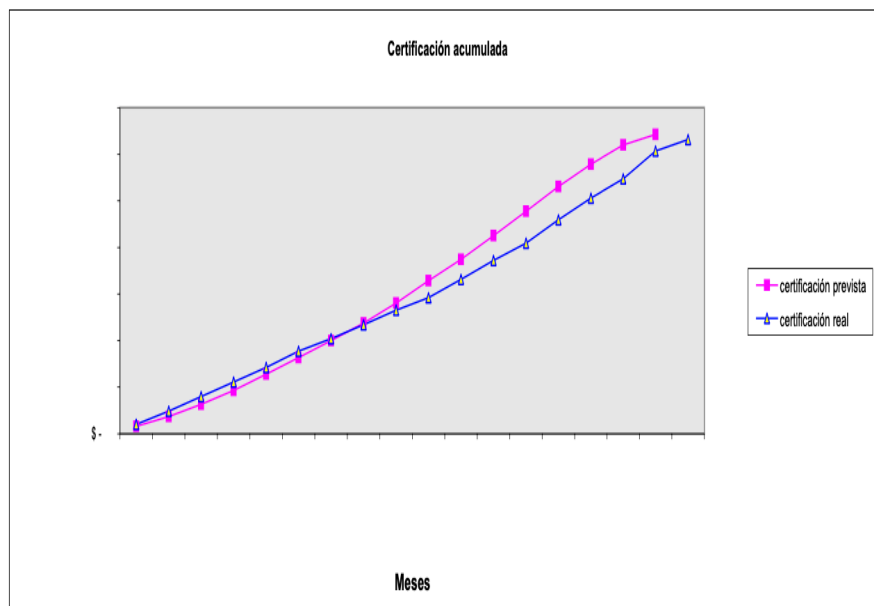
# ANEXO V - TABLA DE AVANCE ACUMULADO MENSUAL PLANIFICADO Y REALIZADO: CONTRATISTA PRINCIPAL

## CERTIFICACION PREVISTA - REAL

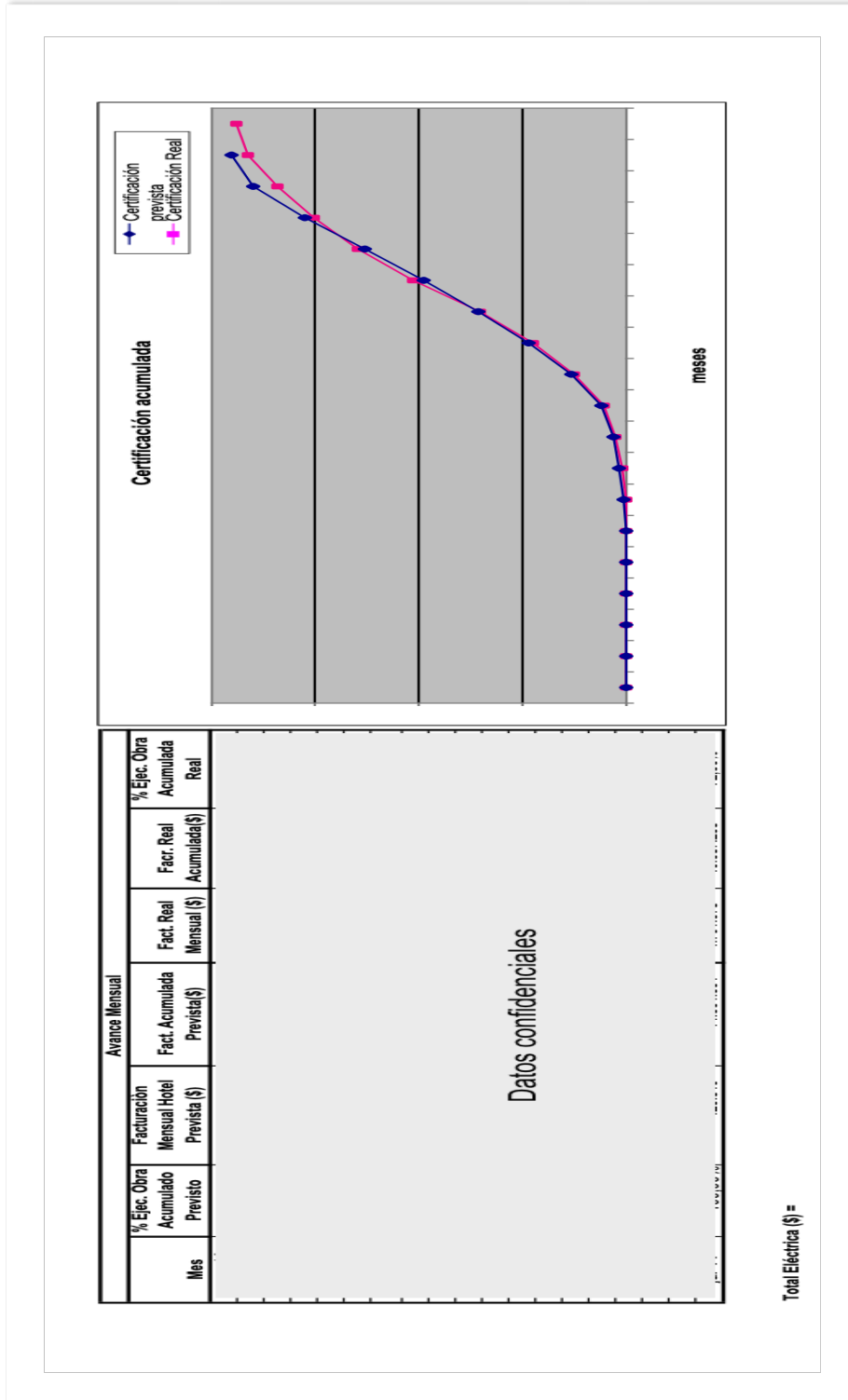
### CERTIFICACIONES PERIODICAS

TOTAL CONTRATO SIN IVA SIN LEYES SOCIALES						PLAN OBRA REVISION 1	
CERTIFICACION REAL							
CERTIFICADO	Período	PARCIAL	Acumulado	Porcentaje	% Acum.		
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							

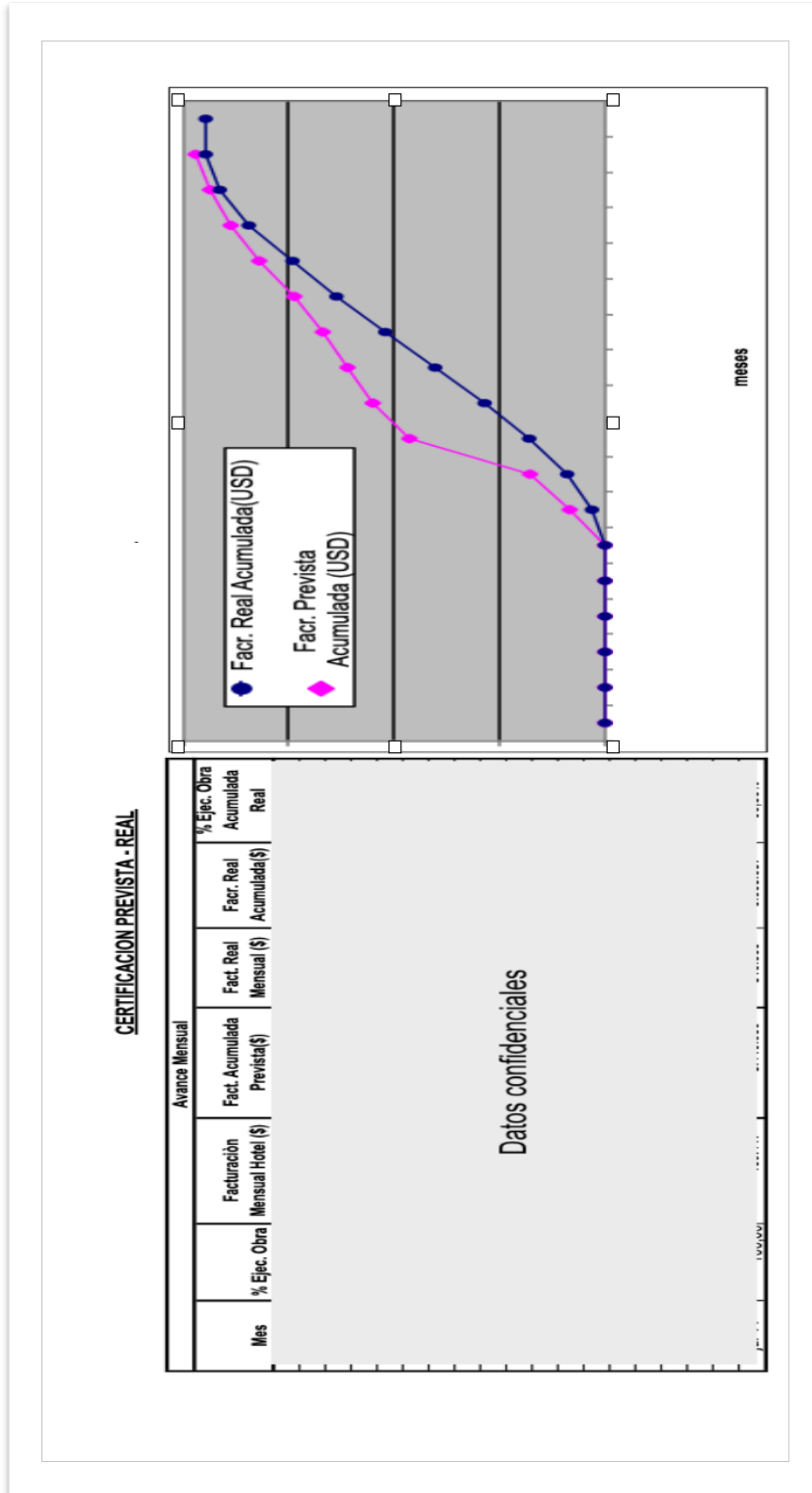
Datos confidenciales



# ANEXO VI - TABLA DE AVANCE ACUMULADO MENSUAL PLANIFICADO Y REALIZADO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA



# ANEXO VII - TABLA DE AVANCE ACUMULADO MENSUAL PLANIFICADO Y REALIZADO: INSTALACIÓN TERMOMECAÁNICA



# ANEXO VIII - TABLA DE AVANCE ACUMULADO MENSUAL PLANIFICADO Y REALIZADO: INSTALACIÓN DE INCENDIO

