

UNIVERSIDAD DE VALPARAÍSO
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS
ESCUELA DE INGENIERÍA COMERCIAL



**Administración de proyectos en fase de inversión mediante el
método del valor ganado y su aplicación en la industria
minera y de energía, un caso práctico**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE LICENCIADO EN CIENCIAS EN LA
ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS Y AL TÍTULO DE INGENIERO COMERCIAL

Profesor Guía: SR. NESTOR PEREZ POLL

Alumno: SR. FELIPE ESTEBAN POO SALINAS

VIÑA DEL MAR, 2012

INDICE

INDICE	2
INDICE DE ILUSTRACIONES	4
INDICE DE TABLAS.....	5
i DEDICATORIA.....	6
ii. AGRADECIMIENTOS.....	7
1 INTRODUCCIÓN.....	9
I EVMS Earned Value Management System	9
II Planteamiento del Problema.....	10
III Objetivo General.....	10
IV Objetivos Específicos:	10
V Justificación y viabilidad de la investigación	11
VI Metodología de Investigación	12
1 CAPÍTULO I ANTECEDENTES DEL SISTEMA EVMS	14
1.1 Objetivo del Capítulo	14
1.2 Estado del Arte	14
1.2.1 Fase anterior el proyectar como un arte	14
1.2.2 Fase previa, 1800 en adelante inicios de la era científica.....	15
1.2.3 Primera Fase Desarrollo de Técnicas 1955-1965.....	16
1.2.4 Segunda Fase 1967-1996 Consolidación de Técnicas.....	19
1.2.5 Tercera Fase Consolidación del Sistema de Gestión Earned Value Management System 1996 hasta 2005.....	22
1.2.6 Cuarta Fase Expansión del Sistema Earned Value Management System 2005 hasta la actualidad.....	22
1.2.7 Posible Quinta Fase Nuevos Desarrollos	24
1.2.8 Realidad local	25
2 CAPÍTULO II MARCO TEORICO.....	27
2.1 Objetivo del Capítulo	27
2.2 Marco Teórico, Teoría de los Sistemas Complejos Auto Regulados.....	27
2.2.1 Pertinencia del uso marco teórico para gestión de proyectos.....	30
2.2.2 Precisión de Conceptos relacionados con el valor ganado.....	32
Valor Ganado, Earned Value (EV):	32
Gestión del Valor Ganado, Earned Value Management (EVM):.....	33
Sistema de Gestión del Valor Ganado (Earned Value Management System):	33
2.2.3 Posibilidad de definir un Sistema de Gestión de Proyectos.....	34
2.2.4 Características Sistémicas de un Sistema de Gestión del Valor Ganado, EVMS	35
2.3 Conclusión del Capítulo.....	38
3 CAPÍTULO III CASO PRÁCTICO.....	41
3.1 Objetivo del capítulo	41
3.2 Antecedentes del proyecto	41
3.2.1 La empresa Mandante: Minera Escondida	41

3.2.2	La empresa Contratista: INGENDESA.....	42
3.2.3	Características del Proyecto	42
3.3	Aplicación del sistema	43
3.3.1	1.- Definir el alcance del trabajo mediante un WBS.....	45
3.3.2	Identificar como la organización desarrollará el trabajo.	48
3.3.3	Crear un cronograma de trabajo	50
3.3.4	Estimar los recursos materiales, financieros y humanos requeridos para realizar el trabajo y autorizar los presupuestos	51
3.3.5	Determinar de forma objetiva la medición del valor ganado	52
3.3.6	Generar línea base (Uso de Ms Project).....	53
3.3.7	Ejecutar el trabajo y registrar los costos, analizar datos de EVM y registrar las desviaciones	55
3.3.8	Control de cambios	58
3.4	Conclusiones de la aplicación de EVMS	59
4	CONCLUSIONES.....	62
4.1	Objeto del capítulo.....	62
4.2	Conclusiones Relacionadas con el Objetivo General:	62
4.3	Conclusiones Relacionadas con los Objetivos Específicos:	63
4.4	Reflexión Sobre el Caso Estudiado, Organizaciones que aprenden	68
4.5	Comentario final sobre los sistemas de gestión	69
5	BIBLIOGRAFÍA.....	71
6	ANEXO 1 TRADUCCIÓN DEL LA NORMA ANSI 748	75
7	ANEXO 2 EVM MÉTRICAS Y GRÁFICA.....	83
8	ANEXO 3 SING.....	86
9	ANEXO 4 CRONOGRAMA	88
10	ANEXO 5 TABLAS DE RECURSOS.....	91
11	ANEXO 6 GENERANDO LÍNEA BASE CON MS PROJECT	94
12	ANEXO 7 LÍNEA BASE Y CONTROL DE CAMBIOS.....	105
13	ANEXO 8 CRECIMIENTO DE CERTIFICACIÓN PMP, EL MUNDO Y CHILE	108

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Software de avance físico de sus proyectos en INGENDESA antes BHP	46
Ilustración 2 Sistema utilizado por INGENDESA para controlar el avance físico de sus proyectos	47
Ilustración 3 Estructura de la Organización	49
Ilustración 4 Tabla de Equivalencias Medición de Avance	53
Ilustración 5 GAO Esquema de generación de línea base tomado de GAO, 2009	54
Ilustración 6 Curva S de Avance. (Fuente: elaboración propia)	55
Ilustración 7 generación de reportes. (Fuente: elaboración propia)	56
Ilustración 8 Esquema de control de cambio. (Fuente: elaboración propia)s.	58
Ilustración 9. (Curva S Fuente: elaboración propia a partir de Golden Card DOE 2011)	85
Ilustración 10 SING	87
Ilustración 11 Precio Marginal de la energía en el SING	87
Ilustración 12 Vista de Red y Gantt del Proyecto. (Fuente: elaboración propia)	90
Ilustración 13 MS Project 2003 Aparentes Contradicciones. (Fuente: elaboración propia)	96
Ilustración 14 Ms Project Paso 1, generación de línea base. (Fuente: elaboración propia)	99
Ilustración 15 Ms Project Paso 2, generación de línea base. (Fuente: elaboración propia)	100
Ilustración 16 Ms Project Paso 3, generación de línea base. . (Fuente: elaboración propia)	101
Ilustración 17 Ms Project Paso 4, generación de línea base. . (Fuente: elaboración propia)	102
Ilustración 18 Ms Project Paso 5, generación de línea base. (Fuente: elaboración propia)	103
Ilustración 19 Ms Project Paso 6, generación de línea base. (Fuente: elaboración propia)	104
Ilustración 20 Ms Excel Paso 7, Resultado final de la generación de línea base. . (Fuente: elaboración propia)	106
Ilustración 21 Efectos en curva S por cambio de línea base. (Fuente: elaboración propia)	107
Ilustración 22 Crecimiento de Certificaciones PMP, (Fuente www.pmi.org)	109
Ilustración 23 Crecimiento de Certificaciones PMP en Chile, (Fuente Memoria PMI Chile 2010)	109

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Control de Avance. . (Fuente: elaboración propia)	57
Tabla 2 Volumen de Inversiones de Capital en Chile, quinquenio 201-2014, fuente CBC.....	67
Tabla 3 de Recursos análisis de horas directas. (Fuente: elaboración propia).....	92
Tabla 4 Análisis de horas que aportan valor. . (Fuente: elaboración propia)	93

i DEDICATORIA

Con todo mi corazón para mi amada
esposa Paula y mis hijos, quienes son
mis luceros en el océano de la vida.

ii. AGRADECIMIENTOS

Un especial agradecimiento a mi profesor guía, don Néstor Perez Poll por haber aceptado ayudarme en este trabajo, por su comprensión y guía.

Un especial agradecimiento a Daniela Méndez quién a respondido mis consultas en incontables oportunidades siempre con voluntad, dedicación y buen trato.

Un agradecimiento a mi familia y especialmente a mi esposa Paula, que ha sabido comprender este esfuerzo y me ha dado soporte, cariño y ánimo para finalizar este trabajo.

INTRODUCCION

1 INTRODUCCIÓN

I EVMS Earned Value Management System

En esta memoria se presenta el Sistema de Gestión del Valor Ganado para Proyectos, denominado EVMS por sus siglas en idioma inglés: Earned Value Management System.

La principal aplicación de EVMS es en el campo de la gestión¹ de proyectos de inversión, entendida como: “la aplicación e integración de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades de un proyecto para satisfacer los requisitos de este” (Pmbok, sección 1.3 2004; Norma ANSI/PMI 99-001-2004).

El sistema² debe su nombre a que su aplicación requiere la utilización de la técnica earned value, en español valor ganado. Su uso está difundido en los proyectos de inversión emprendidos por los gobiernos de distintos países como Suecia, Australia, Reino Unido y en especial el de los Estados Unidos de Norteamérica. En este último país, el sistema cuenta con una guía formalizada para su implementación desarrollada por la agencia Government Electronics & Information Technology Association (GEIA) en

¹ Gestionar es una acción integral, un proceso de trabajo y organización en el que se coordinan diferentes miradas, perspectivas y esfuerzos, para avanzar eficazmente hacia objetivos asumidos institucionalmente (Villamayor, Claudia y Ernesto Lamas, Gestión comunitaria y ciudadana, Quito, AMARC, 1998).

² Sistema se entiende como un grupo de elementos que son o están organizados y arreglados de tal forma de lograr un objetivo común (Kerzner, 2009).

acuerdo con la agencia American National Standards Institute (ANSI), ambas de los Estados Unidos de Norteamérica mediante la norma ANSI 748 (ANSI/EIA-748-A-1998).

II Planteamiento del Problema

El conocer el sistema EVMS permite al practicante extender sus competencias de administración hacia un campo amplio e interesante para los Ingenieros Comerciales de la Universidad de Valparaíso.

Inicialmente este es el motivo que impulsa el desarrollo de este trabajo, constituyéndose en un intento de aportar al desarrollo de la profesión. Con este propósito, la investigación tiene los siguientes objetivos:

III Objetivo General

Aportar a la divulgación del sistema de gestión EVMS en la comunidad de Ingenieros Comerciales de la Universidad de Valparaíso y exponer un caso práctico de aplicación.

IV Objetivos Específicos:

- Definir EVMS, su desarrollo histórico, y elementos críticos de su metodología.
- Desarrollar el marco teórico de la gestión de proyectos desde la perspectiva de sistemas.

- Presentar un caso de aplicación práctica para un proyecto del ámbito minero/energético.
- Concluir como EVMS se relaciona con la generación de valor de los activos, permitiendo a los Ingenieros Comerciales de la Universidad de Valparaíso extender su ámbito de acción profesional.

V Justificación y viabilidad de la investigación

Gran parte de la experiencia laboral del memorista ha estado relacionada con la gestión de proyectos y la aplicación y desarrollo de herramientas asociadas, habiendo participado en la dirección y control de proyectos mineros y energéticos en los últimos años.

Por esto es la opinión de este memorista que existe justificación para desarrollar su memoria sobre EVMS, basado en su potencial contribución a difundir el conocimiento de este tipo de sistemas, con el objetivo final de ser un aporte en la extensión del campo laboral de Ingenieros Comerciales de la Universidad de Valparaíso que se interesen profesionalmente en el área de gestión de grandes proyectos de inversión.

VI Metodología de Investigación

En este trabajo se desarrollará la contextualización del sistema objeto de estudio, desde la perspectiva histórica y teórica, para pasar luego a la presentación de un caso práctico que expone las principales características del sistema. El trabajo se desarrollará de la siguiente manera:

En el primer capítulo se revisaran brevemente los antecedentes históricos más importantes en el desarrollo del EVMS.

En el segundo capítulo, se presentará el marco teórico que sirvió de guía en este trabajo.

En el tercer capítulo, se presentará un proyecto como caso de estudio mediante la aplicación de una guía metodológica y con el uso de herramientas de software como soporte, para aplicar EVMS en un proyecto del sector minero/energético.

En un último capítulo se presentarán las conclusiones que se derivan de este trabajo.

CAPITULO I
ANTECEDENTES DEL SISTEMA EVMS

1 CAPÍTULO I ANTECEDENTES DEL SISTEMA EVMS

1.1 Objetivo del Capítulo

En este capítulo se abordan aspectos históricos del desarrollo del sistema EVMS.

1.2 Estado del Arte

1.2.1 Fase anterior el proyectar como un arte

Si se entiende el proyectar como el arte o habilidad de avanzar hacia la consecución de un objetivo futuro y la gestión de proyectos como la correcta disposición de los medios para concretar lo proyectado, se deduce que la gestión de proyectos es una actividad inherente al ser humano (BS 6070-1, 2010).

Un caso histórico que ejemplifica esta habilidad y cómo la gestión puede llegar a ser una herramienta estratégica, se dio en el año 55 A.C., cuando el general romano Julio César se dispuso a atravesar el río Rin, para esto proyectó la construcción de un puente especialmente reforzado con una extensión de trescientos metros que debía permitir a ocho legiones (unos cuarenta mil hombres) carros, caballos y pertrechos atravesar el citado río.

El puente tardó sólo diez días en ser construido.

La habilidad planificadora, y capacidad de ejecución demostrada por el ejército romano, intimidó a los pueblos germanos quienes frente a este despliegue de superioridad técnica, no pusieron mayor oposición siendo conquistados sin batalla.³

1.2.2 Fase previa, 1800 en adelante inicios de la era científica

El proyectar siguió siendo un arte hasta mediados del siglo pasado, cuando se inició el desarrollo formal de una disciplina con base científica orientada a la correcta estructuración de planes, su materialización y el control de estos (Kerzner, 2009).

Estos avances tienen un hito en el año 1911, cuando el ingeniero Frederick Taylor publica el libro *Administración Científica*, dando inicio a la formalización y desarrollo de una serie de técnicas y métodos conducentes a aumentar la productividad del trabajo. En estos primeros años, gracias a las investigaciones pioneras de Taylor, su colega y discípulo Henry Gantt, los esposos Gillbreth,⁴ y otros, se generó toda una disciplina asociada al estudio de las mejores prácticas⁵ que constituyen la base de la ingeniería industrial (Pierce, 1992).

A pesar del éxito de los métodos de la ingeniería industrial, aplicados a los procesos continuos asociados a la producción en masa, su adaptación y aplicación en proyectos tardó en aparecer (Fitzgerald, 1965). Las razones para este retraso se debe

³ Tomado desde <http://www.arkiplus.com/el-puente-de-julio-cesar>, visitado 05 mayo de 2012.

⁴ Los Gillbreth, fueron miembros de la asociación americana de ingenieros mecánicos. Inicialmente trabajaron en conjunto con Taylor, e hicieron notables avances relacionados con los estudios y cuantificación del movimiento físico necesario para la ejecución de tareas repetitivas. Posteriormente, se distanciaron de Taylor para desarrollar sus propios métodos de estudio centrados en la dinámica del movimiento. (Pierce, 1992).

⁵ El desarrollo de técnicas modernas de medición, control y computo fueron fundamentales. Es importante mencionar entre ellas las mejoras en el campo de la fotografía impulsadas por KODAK. (Bravo, 2005)

aparentemente a las particularidades, de variabilidad y no continuidad de los proyectos (Kerzner, 2009).

1.2.3 Primera Fase Desarrollo de Técnicas 1955-1965

En los Estados Unidos de Norteamérica, durante el periodo de la guerra fría, se desarrollaron una serie de proyectos militares secretos, con una gran componente de innovación tecnológica, lo que hizo imposible su desarrollo en el mercado abierto.

Sin una metodología para pronosticar el impacto de las desviaciones parciales, sin precios de mercado y en ausencia de prácticas estandarizadas el cumplimiento de los objetivos de los proyectos se encontraba en riesgo, poniendo en una delicada situación el esfuerzo estratégico al que estos respondían (Fitzgerald, 1965).

Después de onerosos fracasos el alto mando de la defensa de Estados Unidos evaluó necesario racionalizar la asignación y el uso de recursos, mediante la estandarización de la planificación, programación y control de sus objetivos de tiempo, costo y plazo (Abba, 2001).

1.2.3.1 Ruta Crítica (CPM)

Esta técnica se presentó hacia finales de 1957. Sus desarrolladores fueron los especialistas Morgan R. Walker de la compañía Dupont de Nemours y el experto en cómputo James E. Kelly Jr. de la compañía Remington Rand. Mediante su aplicación se buscaba resolver problemas de programación, reprogramación y reporting para procesos de ingeniería. Para esto se propuso un diagrama de red que permitía el cálculo de una fecha esperada de término de un proyecto mediante la suma de los tiempos planeados de las actividades de la secuencia más larga del mismo, lo que además definía aquellas actividades críticas en el cumplimiento de la fecha de término proyectada. Este método llegó a ser conocido como método de la ruta crítica o CPM por Critical Path Method en inglés (Flemming, 2010).

1.2.3.2 Evaluación del Programa y Revisión de tareas (PERT)

La técnica Program Evaluation and Review Technique, PERT fue introducida en 1958, sus desarrolladores fueron un equipo compuesto por Clark, C. E., Fazar, W., Malcolm, D. G., Roseboom, J. H de la empresa consultora Booz & Allen, que se encontraba trabajando para la Oficina de Proyectos Especiales de la Armada de Estados Unidos, en el desarrollo de una metodología de planificación, revisión y evaluación del programa y de las tareas del proyecto de submarinos nucleares Polaris⁶. En esta técnica se incorporaron los avances matemáticos de la teoría de grafos para

⁶ Con aproximadamente 70.000 piezas diferentes, 250 contratistas y 9.000 subcontratistas (Abba, 2001).

el modelado de un diagrama lógico con forma de flujo, además se aplicaron técnicas estadísticas y teoría de probabilidades para estimar fechas de término y definir la asignación y priorización de recursos y actividades (Clark et al., 1958).

1.2.3.3 PERT/COSTOS

En 1962, un equipo conjunto de la Universidad de Stanford y la Marina Norteamericana, inició un proyecto de expansión de PERT para incluir recursos. La premisa fundamental de su trabajo fue que dado que era posible simular la lógica de un proyecto plasmándolo en una red, también era factible agregarle los recursos a la red e ingeniárselas para incorporar tanto tiempo como costo.

El resultado fue la introducción de PERT/COSTOS. el desarrollo de esta técnica fue muy ambicioso dado la limitada capacidad computacional de la época que ya hacía difícil soportar correctamente el cálculo de la red de programación simple de PERT sin recursos, por lo que la adición de recursos en las redes lógicas exacerbó el problema de cálculo (Morin, 2009).

1.2.3.4 EARNED VALUE

En 1965 en un documento dirigido a la Fuerza Aérea de Estados Unidos de Norteamérica, (United States Air Force, USAF) el ingeniero industrial Ernie Fitzgerald de la empresa consultora Performance Technology Corporation (PTC) presentó la técnica earned valued o de valor ganado.

Este desarrollo correspondió a un esfuerzo orientado a incorporar las mejores prácticas de control y planificación industrial presentes en compañías de Estados Unidos, al programa de misiles intercontinentales Minuteman (Abba, 2001). La propuesta además buscaba simplificar la gestión de proyectos alejándose de la modelación matemática de las técnicas CPM y PERT.

Una vez aprobada y para asegurar su utilización se estableció una serie de 40 criterios técnicos, y una lista de chequeo con 52 puntos que permitían a la USAF verificar el cumplimiento de estos (Fitzgerald, 1965).⁷

Sobre el origen de esta metodología, el oficial encargado de su desarrollo Teniente General Hans Driessnack (de la USAF), señaló que provenía directamente de los primeros desarrollos de la ingeniería industrial los que comparaban lo planificado con lo obtenido y su costo real. (Flemming et al, 2010).⁸

1.2.4 Segunda Fase 1967-1996 Consolidación de Técnicas

1.2.4.1 Estandarización de la Metodología de Gestión: Cost/ Schedule Planning and Control System

A mediados de 1966, tanto la técnica y el método earned value o del valor ganado del programa Minuteman se utilizaron, como base para la generación de un estándar ampliado de la UASF para la gestión de la planificación, cronograma y costos en

⁷ Earned Value is a concept –the concept that an estimate value can be placed on all work to be performed, and once that work is accomplished that same value can be considered to be “earned” (Fitzgerald, 1965)

⁸ The earned value concept came to us right off the factory floor, from the industrial engineers who were comparing their planned standards with the earned standards and actual cost. We simply applied this same concept to our one time only, non recurring developmental task. Teniente General en retiro de la USAF Hans Driessnack, citado en Fleming y Koppelman 2010.

proyectos⁹ de 8 grandes proyectos, bajo el título Sistema de Planificación y Control de Costos / Cronograma (C / SPCS por Cost/ Schedule Planning and Control System) (DoD, 1987¹⁰).

1.2.4.2 Sistema de Criterios Cost/Schedule Control System Criteria C/SPCS

En 1967 el Departamento de Defensa de Estados Unidos, DoD (Department of Defense) ordenó que todas las ramas de la defensa deberían incorporar el uso obligatorio de sistemas de gestión certificables en contratos mayores ($\geq$ USD 20 MM). Estos sistemas debían respetar los criterios de control de costos, planificación y cronograma definidos a partir del estándar que había adoptado previamente la Fuerza Aérea. La instrucción mencionada fue codificada como DoDI 7000.2 y el sistema asociado fue denominado: Cost/Schedule Control System Criteria (C/SCSC basado en C/SPCS).

En esta instrucción además se estableció un proceso de auto certificación del apego de los sistemas de gestión a los criterios de C/SCSC. Estos debían incluir específicamente el método de control y proyección de la técnica de valor ganado. Dicho proceso se validaría mediante un sistema de acreditación ejecutado por el gobierno, lo que en la práctica, de ser bien evaluados le otorgaría a las organizaciones acreditadas

¹⁰ **PERT/Costo vs. Valor Ganado;**

Durante este tiempo el equipo de la Fuerza Aérea y sus asesores consideraron una serie de recomendaciones para analizar herramientas de gestión por parte de la industria y el ejército. Una de las herramientas consideradas para su evaluación fue PERT/Costo vs. Valor Ganado. (Abba, 2001).

Luego de problemas con el cálculo de estimaciones confiables, un comité de coordinación de PERT dentro de la Fuerza Aérea y a nivel global, inició un intento de sustituir la metodología de costos de PERT por la metodología del de Valor Ganado del proyecto Minuteman. El argumento fundamental para la sustitución metodológica fue técnico. El tema en discusión era la base y el método apropiado para la medición y la proyección de la estimación al finalizar de tiempo y costo. (Morin, 2009).

una licencia para participar en el desarrollo de proyectos de envergadura mayor (Morin, 2009).

1.2.4.3 Recepción de la Industria del sistema C/SPCS

Durante las décadas de los setentas y ochentas, el gobierno norteamericano impulsó la implementación y acreditación de sistemas que se ajustaran a los criterios especificados de la metodología de C/SPCS, pero la industria privada con excepción de los grandes contratistas de la defensa se mostraron reticentes a ampliar su utilización. Este rechazo fue producto de que se extendió la opinión de que el sistema carecía de claridad y que era necesario distraer recursos humanos y materiales a un proceso adicional que tomaba la forma de un nivel o capa de interpretación del sistema. Produciéndose como resultado final que la acreditación de sistemas fuese limitada y en general que esta se aplicase a organizaciones específicas en emprendimientos aislados (Abba, 2001).

Hacia finales de los ochentas se hizo evidente que sería necesario simplificar el método de aplicación de los criterios de C/SCSC, ya que una de las mayores las dificultades que presentaba el proceso de homologación era la variedad y crípticidad de la terminología utilizada como marco conceptual.

1.2.5 Tercera Fase Consolidación del Sistema de Gestión Earned Value Management System 1996 hasta 2005

A mediados de los noventa se conformó un equipo con la tarea de simplificar el manual o guía de criterios del sistema de gestión C/SCSC. Este proceso estuvo a cargo de la Asociación Nacional de la Industria de la Defensa (Management System Subcommittee of National Defense Industrial Association (NDIA)).

El resultado fue un nuevo estándar que redujo los anteriores 35 criterios a 32 y simplificó la terminología reemplazando nomenclatura como BCWS, (Budget Work of Work Scheduled) o BCWP, (Budget Cost of Work Performed) por una más comprensible, como “valor planeado” o “valor ganado” (Abba, 2001). En 1997 el departamento de Defensa de Estados Unidos aceptó estos nuevos 32 criterios en reemplazo de la metodología de C/SCSC.

En 1998 este nuevo estándar fue publicado como norma americana por la American National Standard Institute con el título de Earned Value Management System, EVMS ANSI 748 (American National Standard Institute; Norma ANSI/EIA-748-A-1998 R2002).

1.2.6 Cuarta Fase Expansión del Sistema Earned Value Management System 2005 hasta la actualidad

Luego de una actualización en 2007, la norma ANSI 748 B fue adoptada por el gobierno norteamericano, como sistema de gestión para la planificación y control de

programas y costos en proyectos de activos de capital, siendo un requisito exigible para la adjudicación de contratos mayores.

Consecuencia directa de esto y apalancados en su renovada simpleza y en las ventajas derivadas de la estandarización, los contratistas de mayor envergadura del gobierno estadounidense han desarrollado procesos de normalización de la planificación, programación, control y reporting de proyectos mediante sistemas del tipo EVMS y a su vez han incentivado a sus subcontratistas a realizar lo mismo (Abba, 1998).

Una segunda consecuencia relacionada con el uso de este sistema en grandes proyectos, es que la mayoría del software para gestión de proyectos actualmente soporta de forma “nativa” sistemas basados en el método earned value. Este soporte se concreta al incorporar la potencialidad de obtener de forma automática las métricas de la técnica y en la capacidad de diseñar y generar flujos de trabajo como parte de sus características. Entre estas herramientas se puede mencionar MS Project Enterprise, Primavera Project (P6), Clarity CA, etc.

Una tercera consecuencia dice relación con el desarrollo de una industria creciente de formación de capital humano, que busca capacitar a profesionales en uso de herramientas de gestión estandarizada para proyectos, mediante cursos y programas de certificación internacional, relacionados con la materia.

1.2.7 Posible Quinta Fase Nuevos Desarrollos

Los riesgos crecientes de la economía globalizada que afectan a los proyectos de inversión, hacen esperable que se de una tendencia hacia la masificación de este tipo de sistemas, dado que permiten una disminución del riesgo en la ejecución basados en la normalización de prácticas, metodologías y herramientas, permitiendo a las empresas capitalizar su conocimiento y buscar la excelencia en la administración de proyectos (Salmona, 2009).

Como parte de esta fenómeno se puede mencionar la próxima publicación, de la norma ISO 21.500: *Guidance on Project Management*. Este estándar ha sido el fruto del trabajo de múltiples comités en 47 países, que llevan trabajando 7 años. La nueva norma viene a sumarse a la tendencia hacia la estandarización presente mediante normas como la americana ANSI 748 B, la británica BS 6079-1:2010, y otros esfuerzos regulatorios como la especificación europea PRINCE 2, y la norma Australiana y Neozelandesa entre otras.

Mención aparte en este aspecto requiere el Project Management Body of Knowledge (PMBOK), que también es norma americana, ANSI PMI 99-01-PMI (Project Management Institute). Este documento es conocido como el cuerpo de conocimientos y mejores prácticas más ampliamente aceptado a nivel mundial para la gestión de proyectos. Actualmente se encuentra vigente la cuarta edición.

1.2.8 Realidad local

Chile no está ajeno a esta tendencia hacia la formalización relacionada con la gestión de proyectos, especialmente en áreas con grandes proyectos de inversión como el sector minero y más recientemente en el sector energético en los cuales se están produciendo cambios conducentes a la estandarización de procesos (Salmona, 2010).

Relacionado con esto es posible apreciar una creciente oferta de capacitación en Project Management, en la forma de cursos, diplomados y programas con especialización en este campo ofrecidos por centros especializados de capacitación como FACT, PMI, PMA, etc. y/o universidades como la Pontificia Universidad Católica de Chile, La Universidad de Antofagasta, Universidad de Viña del Mar, Universidad de Chile entre otras.

CAPITULO II MARCO TEORICO

2 CAPÍTULO II MARCO TEORICO

2.1 Objetivo del Capítulo

En este capítulo se presenta el marco teórico de esta memoria.

2.2 Marco Teórico, Teoría de los Sistemas Complejos Auto Regulados

Los sistemas de gestión pueden ser analizados desde distintas perspectivas teóricas. En este trabajo se considera a los sistemas del tipo EVMS como sistemas auto reguladores, debido a que su propósito es hacer cumplir los fines de los entes regulados, en este caso proyectos en fase de inversión. Para su estudio se utilizará como marco teórico la rama de la teoría de sistemas que estudia aquellos que son complejos y autorregulados conocida también como cibernética.

Entre los principales autores que dan forma a esta perspectiva científica ocupa un rol destacado el Dr. Norman Wiener, (1894-1964), quién es el originador de la aplicación del concepto de Cibernética¹¹, a este tipo particular de sistemas que se autorregulan.

El Dr. Wiener infiere a partir de investigaciones conjuntas e interdisciplinarias desarrolladas primero con el ingeniero J. Bigelow en aplicaciones de tipo militar asociadas a sistemas de guía de misiles, y luego con el cardiólogo A. Rosenbluth en un contexto académico, que para la supervivencia de un organismo o mecanismo

¹¹ Proveniente de la raíz griega Kubernetes, que originalmente hacía referencia a los pilotos de los barcos griegos (Beer, 1972)

teleológico (que persigue un fin) su sistema de control debe contener un ciclo cerrado de retroalimentación informacional, de esto deduce que si se conoce el principio que gobierna un sistema, es posible determinar su naturaleza examinando los intercambios de información que sostenga con su ambiente. A partir de esto el Dr., Wiener afirma que “todos los seres, son entes informacionales” (Wiener, 1958).

En este sentido la cibernética estudia “comportamientos de intercambio de información”, el profesor Wiener define la cibernética en su libro de 1949, *“Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine”*, como “la ciencia de la comunicación y el control de máquinas y seres vivos”.

Algunos de los conceptos más relevantes que se usan en teoría de sistemas son de su autoría entre estos el de retroalimentación o feedback (Siles, 2007).

En palabras del Dr. Wiener la retroalimentación es:

Un método para regular sistemas introduciendo en ellos los resultados de su actividad anterior. Si se utilizan esos resultados como simples datos numéricos para corregir el sistema y regularlo, tenemos la sencilla realimentación de la ingeniería que se ha dado en llamar control. Sin embargo, si la información que procede de los mismos actos de la máquina puede cambiar los métodos generales y la forma de actividad tenemos un fenómeno que puede llamarse aprendizaje (Wiener, 1958).

En el campo del aprendizaje y la auto adaptación destacan las investigaciones del Dr. William Ross Ashby (1903-1972), quién contribuyó con la nueva ciencia con una serie de principios sobre los sistemas autorregulados. En su libro *"Introduction to Cybernetics"* propone sobre la posibilidad de regular un sistema, que: "sólo la variedad absorbe variedad", (Ashby, 1957) esto implica que cuanto mayor es la variedad a la que esta expuesta un sistema, también es mayor la cantidad de distintas perturbaciones que deben ser controladas por sus mecanismos reguladores (Ashby, 1957). Este principio es denominado en teoría de sistemas como ley de variedad necesaria, también conocida como la ley de Ashby (Beer, 1972). Otra de sus propuestas es respecto de la necesidad un doble lazo de control en los sistemas ultra estables. Esta idea ha generado desarrollos teóricos posteriores como la propuesta de C. Argyris sobre la necesidad de un doble ciclo de aprendizaje en las organizaciones (Argyris, 1982) o el desarrollo de G. Bateson sobre las características del aprendizaje con su propuesta denominada Deutero Learning (Umpley, 2008).

Otro autor destacable de esta disciplina es el Dr. Stafford Beer (1926-2002) quién fuese mencionado por Norman Wiener como el padre de la cibernética organizacional, el Dr. Beer fue un científico e investigador de origen británico que apuntó a generar un modelo cibernético de la administración de organizaciones. Su propuesta se basa en la interacción recursiva de cinco funciones básicas, implantación, coordinación, control, planificación y política. Beer denominó a esa conceptualización modelo de sistemas viables, el que emulando al sistema nervioso se enfoca en reducir complejidad, entendida esta última como la cantidad de estados posibles.

Siguiendo a Ashby, Beer especificó que las prácticas de administración, los sistemas de información y los canales de comunicación respectivamente deben servir como filtros de variedad, pudiendo desempeñar el rol de atenuadores o amplificadores con el fin de que la organización sea capaz de manejar y adaptarse a la complejidad del entorno. Para Beer la capacidad de adaptación es la característica, que permitiría a la empresa u organización permanecer, ser viable (Beer, 1972).

Con posterioridad a las aportaciones de Beer, distintos cibernetas se han enfocado en entender el proceso de aprendizaje como una forma de dotar de inteligencia a los sistemas, esta tendencia fue bautizada por el Bio Físico Von Forester como segunda cibernética. (cita)

Respecto al estado de arte actual de la teoría de sistemas auto regulados, es necesario mencionar a distintos autores que desde sus respectivas disciplinas han contribuido al avance del paradigma informacional, entre estos a McColluch, Maturana, Varela, Bateson, Von Forester, Flores y Winogrand¹², Senge y otros¹³.

2.2.1 Pertinencia del uso marco teórico para gestión de proyectos

Sobre la pertinencia de aplicar esta perspectiva científica a la gestión de proyectos, se puede señalar diversos trabajos de investigación que proponen la aplicación de la

¹² Para mayor detalle visitar URL : <http://www.fernandoflores.cl/node/2288>

¹³ Para mayor detalle visitar URL : <http://pespmc1.vub.ac.be/CYBSHIST.html>

teoría de sistemas como una herramienta hacia la resolución del problema de la variabilidad en los proyectos.

Veerendra K. Rai y. Subramanian, proponen una aplicación específica del modelo de sistemas viables a una organización proyectizada, su aporte modela la incorporación de una oficina de gestión de proyectos (Project Management Office) en el sistema dedicado a la gestión (sistema 3 de Beer) (Veerendra, Subramanian, 2007). En una línea similar el trabajo Britton y Parker, desarrolla con gran detalle un modelo de sistema viable para la gestión de proyectos, haciendo referencia a cada una de las mejores prácticas requeridas por la norma ANSI 748 B (Britton, Parker, 2001).

Desde una perspectiva más general, Ballard señala que los proyectos pueden ser clasificados como sistemas complejos y que estos no pueden ser efectivamente regulados de forma centralizada, por lo que es necesario un modelo de gestión con delegación de autoridad (Ballard, 2000).¹⁴

Más recientemente en 2009, Kerzner propone una solución al problema de integración, gobierno y control en la ejecución de proyectos, el autor señala en su libro *“Project Management a System Approach”*, que el origen de los problemas de gestión en proyectos se debe a diferencias interpretativas, producto de los distintos metalenguajes utilizados dentro de las organizaciones y propone la solución a este

¹⁴ Glenn Ballard, es actual profesor de la Universidad de Stanford y fundador junto a Lauri Koskella del movimiento Lean Project, este argumento es desarrollado en su tesis doctoral del año 2000 citando a Kelly (2004).

problema mediante el establecimiento de una metodología sistémica integradora (Kerzner, 2009).

Otra perspectiva relevante relacionada con la gestión de proyectos, es la mirada integradora que aporta la futura norma ISO 21.500 *Guidance on Project Management* (borrador de 2011). En esta se incorpora el concepto de gobernanza aplicada a la gestión de proyectos, siendo muy similar al concepto de sistema utilizado en la norma ANSI 748 B, además se incluyen aspectos específicos tales como los requerimientos para la estructura de gestión, las políticas, procesos y metodologías a ser usadas; límites de autoridad para la toma de decisiones, responsabilidades con los stakeholders e interacción de la metodología de reporting y procedimientos para el tratamiento de eventos riesgosos.

2.2.2 Precisión de Conceptos relacionados con el valor ganado

Para poder categorizar de forma adecuada los conceptos relacionados con la gestión de proyectos mediante el sistema earned value , se presentarán las definiciones La National Defense Industrial Association (NDIA,2011)

Valor Ganado, Earned Value (EV): El valor ganado es el valor del trabajo completado en términos del presupuesto asignado al trabajo, también referido como costo presupuestado del trabajo realizado. Provee una medida objetiva del valor del trabajo completado expresado en términos del presupuesto asignado para dicho trabajo.

The value of completed work expressed in terms of the budget assigned to that work, also referred to as Budgeted Cost for Work Performed (BCWP). It provides an objective measure of the value of completed work expressed in terms of the budget assigned to that work (NDIA, 2011).

Gestión del Valor Ganado, Earned Value Management (EVM): Una metodología de gestión que integra el alcance técnico, cronograma, recursos y los riesgos de un proyecto en una línea base planeada, que será la base de medición del avance para calcular los índices y métricas de desempeño y tendencias útiles para la gestión y toma de decisiones.

A management methodology, which integrates a project's technical scope, schedule, and resources with project risk in a baseline plan, against which progress is measured to provide metrics indicative of project progress and performance trends useful for management decision-making (NDIA, 2011).

Sistema de Gestión del Valor Ganado (Earned Value Management System): Un conjunto integrado de procesos, personas y herramientas para ejecutar la gestión de proyectos usando el método de gestión de valor ganado, en conformidad con los lineamientos y guías que se encuentran en la norma ANSI/EIA 748 (versión actual).

An integrated set of processes, people and tools for managing projects using earned value management, which conforms to the guidelines found in ANSI/EIA 748 (current version)(NDIA, 2011).

2.2.3 Posibilidad de definir un Sistema de Gestión de Proyectos

Algunos autores señalan que no es factible contar con un sistema de gestión de proyectos del tipo EVMS de forma aislada, ya que para su existencia previamente se requiere tener una estructura organizacional apropiada, por lo que la aplicación aislada de las metodologías usadas en EVM, tales como EV, WBS, Línea Base, y otras no implicarían necesariamente la existencia de un EVMS (Britton, Parker, 2001).

Para resolver este problema se ha propuesto la generación de una estructura organizacional que responda a la necesidad de soportar un sistema del tipo EVMS, denominada Oficina de Gestión de Proyectos, PMO (Project Management Office (Veerendra, et al 2007). El alcance de la implementación de una PMO dependerá del nivel de madurez de la organización.

Al respecto la norma Británica, *Principles and guidelines for the management of projects*, al abordar las implicaciones de utilizar esta aproximación sistémica señala que es recomendable que la metodología se lleve a cabo dentro de las organizaciones que cuenten con las estructuras necesarias para apoyar el trabajo de gestión de proyectos (BS 6079-1:2010).

2.2.4 Características Sistémicas de un Sistema de Gestión del Valor Ganado, EVMS

Beer señaló que los sistemas autorregulados poseen tres características básicas principales:

- 1.- Capacidad de autoorganización, es decir mantener una estructura constante y modificarla de acuerdo a las exigencias (equilibrio).
- 2.- Capacidad de autocontrolarse, mantener sus principales variables dentro de ciertos límites que forman un área de normalidad.
- 3.- Tienen un cierto grado de autonomía, un suficiente nivel de libertad (determinado por sus recursos) para mantener esas variables dentro de su área de normalidad (Beer, 1972).

A fin de revisar los determinantes sistémicos de EVMS, se utilizará la caracterización antes referida.

2.2.4.1 Auto Organización

De acuerdo a la norma ANSI 748 B, el propósito de un sistema de gestión del valor ganado, es dar soporte a la gestión de proyectos para hacerla más efectiva.

Para esto el sistema de gestión debe contar con una estructura formal física, intelectual y humana, habitualmente una PMO que es parte de la organización anfitriona, siendo esta última la que define el grado de flexibilidad/rigurosidad de

aplicación del sistema y su metodología de acuerdo a sus necesidades, normas y procedimientos (ANSI 748 B).

2.2.4.2 Auto Control

Todo sistema se enfrenta al problema de la tendencia a la desintegración o entropía.

Una de las formas de mantener su integridad es mediante la retroalimentación. Para que esta última sea efectiva es necesario lidiar contra el ruido que distorsiona la corriente de retroalimentación. Beer señaló que el acotar la libertad del sistema controlado, disminuye su variabilidad total y por lo tanto el ruido y la entropía total (Beer, 1972).

Al respecto, el sistema EVMS se auto controla mediante normas que lo restringen. Cuenta con una guía oficial en la norma ANSI 748 B que define sus elementos básicos, indicando de forma imperativa la aplicación de un conjunto específico de mejores prácticas que permiten la correcta gestión de proyectos. Kerzner señala que actualmente estas mejoras prácticas de gestión de proyectos se encuentran en el PMBOK (Project Management Body of Knowledge) (Kerzner, 2009) que es publicado por el instituto de gestión de proyectos (PMI, Project Management Institute). El PMI es una institución sin fines de lucro que agrupa a voluntarios expertos en gestión de proyectos de todo el mundo que colaboran en la redacción de normas y mejores prácticas agrupadas en este cuerpo de conocimientos o PMBOK. Este documento esta

compuesto por doce áreas de conocimientos específicos para gestionar proyectos. Este saber, aplicado de forma sistemática permitiría según Kerzner la creación de una capacidad de gerenciamiento integradora auto regulada, capaz de coordinar de forma cruzada a muchas especialidades organizacionales, tales como las finanzas, la fabricación, la ingeniería, el marketing, etc.(Kerzner,2009).

Adicionalmente como una forma de autocontrol periódico, la norma ANSI 748 B establece para los sistemas apegados a EVMS un proceso de certificación mediante auditorias externas, que permiten establecer la consistencia del sistema auditado respecto de las mejores prácticas requeridas.

2.2.4.3 Autonomía

El sistema EVMS permite que la gestión de proyectos se convierta en un activo de la organización mediante la configuración, implementación y aplicación sistemática, documentada y específica de una serie de procesos apegados a las mejores prácticas de gestión de proyectos. Estos aunque insertos en la organización tienen una especificidad propia que los hacen operar con la suficiente autonomía y estructura como para ser considerados un sistema autoregulado de gestión. Contar con este sistema permite a la organización huésped dar por superada la necesidad de reinventarse cada vez que se desarrolla un proyecto. Esto se logra porque:

- Se sistematiza el proceso de generación de planes, programas, control y reporting de proyectos para cada una de las fases de estos.

- A pesar de ser un conjunto de procesos dinámicos el sistema logra asociar todas las actividades y elementos de forma envolvente con un significado y propósito único.
- Es posible obtener información oportuna de la situación real de los proyectos mediante métricas e índices unificados, entendibles definidos de manera objetiva e integrada para toda la organización.
- Se genera una estrategia de solución óptima o proceso de resolución de problemas.
- Permite a la organización generar una base de conocimientos que permite el aprendizaje y la mejora continua (Kerzner, 2009).

2.3 Conclusión del Capítulo

A modo de conclusión del capítulo se puede señalar para que una organización cuente con un sistema de gestión de EVMS, se debe cumplir que:

- La gestión de la planificación el programa y el costo de proyectos de la organización debe ser identificable y categorizable como sistema,
- Este sistema se debe encontrar estructurado y especificado hasta un grado razonable de acuerdo a la norma ANSI 748 B,
- Se debe mantener un conjunto de especificaciones y procedimientos internos con apego a las mejores prácticas,
- El sistema debe ser revisado de manera periódica mediante un proceso objetivo para verificar su cumplimiento,

- El sistema debe tener un responsable claramente designado,
- Se debe incluir el uso de indicadores de valor ganado y
- Se debe cumplir en principio con mantener y fijar una línea base en los proyectos controlados en acuerdo con los fundamentos del concepto de valor ganado y de la teoría de sistemas (DOE, 2009).

A continuación y con el objetivo de presentar una aplicación práctica de la utilización del sistema, se expondrá el desarrollo de un caso práctico de utilización real en Chile de un sistema EVMS implementado por una empresa minera en un proyecto de ingeniería real.

CAPITULO III CASO PRACTICO

3 CAPÍTULO III CASO PRACTICO

3.1 Objetivo del capítulo

En este capítulo se presentará un caso de aplicación de un sistema de tipo EVMS, en un proyecto de ingeniería entre la empresa Australiana BHP Billiton como contratante y la empresa nacional INGENDESA S.A. como contratista. El memorista formó parte del equipo de trabajo de este contrato por lo que la información recopilada es de primera fuente.

3.2 Antecedentes del proyecto

3.2.1 La empresa Mandante: Minera Escondida

Minera Escondida es la operación minera de cobre de mayor producción en el mundo. Las faenas están ubicadas en la cordillera de Domeyko a una cota media de 3.200 m.s.n.m. Situada a 180 Kilómetros al sureste de la ciudad de Antofagasta es explotada por BHP Billiton. El año 2008, con 1.255.019 toneladas métricas de cobre fino, representó aproximadamente un 23,5% de la producción nacional. A su vez BHPB su propietaria es la empresa minera más grande del mundo.¹⁵

¹⁵ Resumen extraído desde, <http://www.aminera.com/historico/54-contenido/22029-minera-escondida-tan-imponente-como-el-desierto-que-la-contiene.html>

3.2.2 La empresa Contratista: INGENDESA

La Empresa de Ingeniería INGENDESA S. A. es una filial de la Empresa Nacional de Electricidad S. A. El giro de INGENDESA es la prestación de servicios de consultoría en ingeniería. Su campo de acción es principalmente el diseño, inspección e ingeniería, además de la dirección de proyectos de grandes obras, especialmente en el campo de la generación de energía hidroeléctrica, termoeléctrica y sus sistemas de transmisión asociados.

INGENDESA desde 1998 ha dedicado aproximadamente un millón de hombre anuales al desarrollo de servicios, actualmente cuenta con una planta de aproximadamente seiscientos profesionales¹⁶.

3.2.3 Características del Proyecto

Debido a la creciente demanda energética y a la necesidad de mantener la estabilidad en el abastecimiento eléctrico de Minera Escondida, la empresa dueña de la minera considero necesario revisar su capacidad de transmisión de energía y realizar un análisis de los cambios futuros que se proyectaban en la configuración del Sistema de Transmisión Eléctrica de Alta Tensión, denominado Sistema Interconectado del Norte Grande SING.¹⁷

¹⁶ Extraído desde http://www.ingendesa.cl/011_quienes_somos.html>

¹⁷ Para un detalle del SING ver anexo 3.

Estos estudios buscaban cualificar y cuantificar el impacto de estos cambios futuros para su propio sistema de transmisión eléctrica (SITRAMEL).

Para desarrollar el análisis, se debía tener en cuenta el crecimiento proyectado de la propia empresa, que incluía las futuras demandas energéticas de una nueva planta desaladora, el Puerto de Coloso, un nuevo concentrador y cuatro nuevas grandes plantas impulsoras de agua.

Estos proyectos fueron licitados por la empresa BHPB, resultando adjudicada para su realización la empresa INGENDESA S.A.

3.3 Aplicación del sistema

Al momento de suscribir el contrato por servicios de ingeniería con BHPB, la empresa contratista INGENDESA utilizaba un sistema de planificación, programación y control de proyectos corporativo. Instalado sobre plataforma web y desarrollado a medida para la empresa, el sistema denominado “PROGRAMADOR”, no contemplaba su verificación con respecto a metodologías de gestión de mejores prácticas, la empresa además contaba con un sistema de administración documental para control de avance y producción de ingeniería.

Respecto de la gestión de calidad, INGENDESA poseía certificación ISO 9000, que incluía sus procesos de administración y de ejecución de proyectos. La exigencia de BHPB para gestionar el proyecto fue la de conformar un equipo especial o fuerza de tarea dedicada. Además se especificó que era un requisito usar la metodología EVM

con apego a las especificaciones internas de BHPB, como parte de la aplicación de su sistema de gestión de proyectos basado en mejores prácticas de tipo EVMS.

Este hecho quedó definido explícitamente en el contrato entre BHPB e INGENDESA, especificando que el proyecto debía controlarse mediante el método EVM.

A efectos de ordenar la presentación de la aplicación del sistema EVMS de BHPB mediante la exigencia de aplicar el método EVM referido a sus especificaciones de mejores prácticas en el proyecto, se utilizará como guía la especificación para la implementación de EVM en proyectos de organizaciones que pretendan certificar un EVMS preparado por la Government Accountability Office de los Estados Unidos (GAO) denominado *Best Practices for Developing and Managing Capital Program Costs* (GAO-09-3SP, 2009).

Los pasos específicos contenidos en este documento son:

1. Definir el alcance mediante una estructura de desglose del trabajo (WBS, Work Breakdown Structure)
2. Identificar quién en la organización realizará el trabajo
3. Calendarizar el trabajo
4. Estimar el trabajo y el material requerido para desarrollar el trabajo y establecer un mecanismo para autorizar los presupuestos
5. Determinar de forma objetiva la medición del valor ganado
6. Desarrollar la línea base de medición del desempeño

7. Ejecutar el trabajo y registrar los costos reales
8. Analizar los datos de rendimiento de la técnica earned valued (EV) y registrar las variaciones respecto de la línea base
9. Proyectar estimaciones al término o EAC (Estimation at Complete) usando EV
10. Conducir un análisis integrado de costos, cronograma y riesgos
11. Comparar EACs de EV (paso 9) con EAC provenientes del análisis de riesgos (paso 10)
12. Tomar medidas de gestión para mitigar los riesgos
13. Actualizar la base de referencia de medición del rendimiento cuando se produzcan cambios

A continuación se presentará, primero el elemento objetivo de tipo técnico a ser implementado sugerido por GAO y luego se desarrolla su aplicación por parte de INGENDESA.¹⁸

3.3.1 1.- Definir el alcance del trabajo mediante un WBS

3.3.1.1 Definición GAO:

La estructura de desagregación del trabajo es un componente crítico de EVM que define el alcance del trabajo que será desarrollado y es la base para la estimación de presupuestos de costo, el desarrollo de un cronograma y la secuencia de actividades. El WBS desglosa progresivamente el trabajo necesario para hacer realidad los entregables (GAO, 2009).

¹⁸ En el proyecto objeto de estudio por efectos prácticos se aplicaron sólo nueve de los trece pasos sugeridos por la GAO.

3.3.1.2 Aplicación por INGENDESA:

Hasta antes del proyecto de BHPB, INGENDESA utilizaba una desagregación o quiebre de trabajos con referencia a la especialidad de ingeniería participante, tal como se puede apreciar la ilustración siguiente.

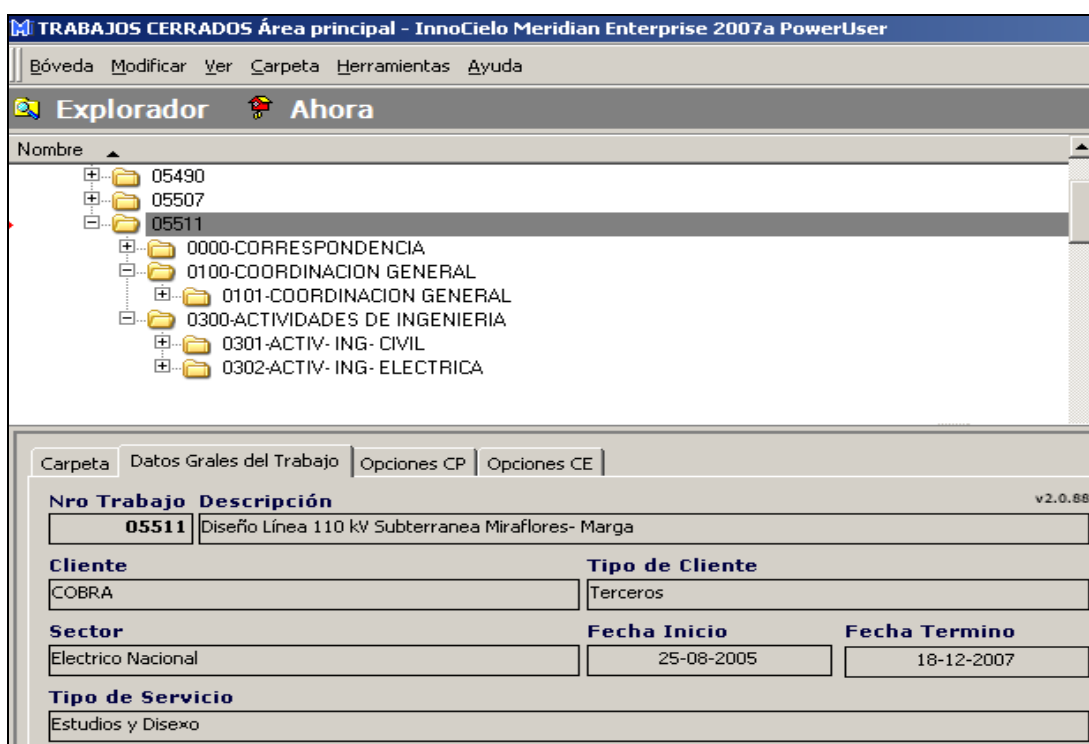


Ilustración 1 Software de avance físico de sus proyectos en INGENDESA antes BHP

De acuerdo a su especificación interna, BHPB requería desagregar las actividades del proyecto relacionando la ingeniería con los activos específicos a ser diseñados. Fue necesario para INGENDESA desarrollar un WBS que incluyese los productos entregables usando la metodología de BHPB.

3.3.1.3 WBS alcance

La estructura de desagregación del trabajo resultante se puede apreciar en la ilustración siguiente.

Nombre	Título
ESCONDIDA POWER TRANSMISION/Área principal	
Trabajos Ofertas y Vigentes	
07547	
0000-CORRESPONDENCIA	
0100-COORDINACION GENERAL	
0200-RELACIONES PRELIMINARES	
0300-ESTUDIOS FASE DE SELECCION	
0400-ESTUDIOS FASE DE DEFINICION	
0500-LICITACION, ET Y ESTOFERTAS	
0600-SIN DEF	
0700-ADQUISICION DE SUMINISTROS	
0800-SIN DEF	
0900-REUNIONES TECNICAS	
1000-TRABAJOS ADICIONALES	
2000-LINEA 2X220 KELAR NUEVA	
2100-LINEA 2X220 ANGAMOS-LIKANANTAI	
2200-LINEA 2X220 KV LIKAN-SULFUR	
2300-LINEA 1X220 KV LAGUNA SECA - FASE V	
2400-LINEA 1X220 KV O HIGGINS - COLOSO	
2500-LINEA 1X220 KV SULFUROS - FASE V	
2600-LINEA 1X220 KV NUEVA ZALDIVAR - FASE V	
2700-LINEA 1X220 KV PLANTA FILTROS FASE V	
2800-MOD LINEA ATACAMA - DOMEYKO	
2900-LINEA EST BOMBEO N°2 - V20	
4000-DISEÑO SE LIKANANTAI	
4100-DISEÑO SE O HIGGINS	
4200-DISEÑO BASICO SUBESTACION FASE V - 11 PAÑOS	
4300-DISEÑO BASICO SUBESTACION SULFUROS - AMPLIACION 4 PAÑOS	
4400-DISEÑO BASICO SUBESTACION LAGUNA SECA - AMPLIACION 1 PAÑOS	
4500-DISEÑO BASICO SUBESTACION PLANTA FILTROS FASE V (CUATRO PAÑOS EN AIRE)	

Carpeta	Datos Grales del Trabajo	Opciones CP	Opciones CE
v2.0.88			
Nro Trabajo	Descripción		
07547	Escondida Power Transmission Fase Definicion-Selección		
Cliente	Tipo de Cliente		
BHP BILLITON	Terceros		
Sector	Fecha Inicio	Fecha Termina	
Electrico Nacional	28-12-2007	19-08-2009	
Tipo de Servicio	Estudios y Diseno		

Ilustración 2 Sistema utilizado por INGENDESA para controlar el avance físico de sus proyectos

Esta metodología permite que la dirección del proyecto cuente con una herramienta de administración relacionada con el valor del activo proyectado, respetando la filosofía de EVM y define el alcance material del trabajo.

3.3.2 Identificar como la organización desarrollará el trabajo.

3.3.2.1 Definición del GAO:

Una vez que el WBS se ha definido, el siguiente paso es asignar responsabilidades específicas sobre el trabajo a realizar [...] Para esto se sugiere establecer un sistema de cuentas de control, pareando los puntos de intersección entre la Estructura de división de la organización (OBS) y la Estructura de desagregación el trabajo (WBS) (GAO, 2009).

3.3.2.2 Aplicación por INGENDESA:

Por exigencias de BHPB, INGENDESA procedió a asignar el WBS separando las actividades de coordinación (indirectas) y de producción de ingeniería (directas).

Las actividades coordinación se subdividieron y se asignó un responsable específico para cada una de las siguientes tareas:

- 1.- Planificación reporting y soporte para la administración del proyecto.
- 2.- Coordinación de producción de ingeniería.
- 3.- Dirección del proyecto.

3.3.2.3 Estructura INGENDESA:

Las actividades de producción de ingeniería se subdividieron por tipo de activo y se generaron las respectivas cuentas de control del proyecto, asignándose un responsable a cada una de estas, tal como se aprecia en la ilustración N° 6

Proyecto Escondida Power Transmission

Organigrama Fase Definición

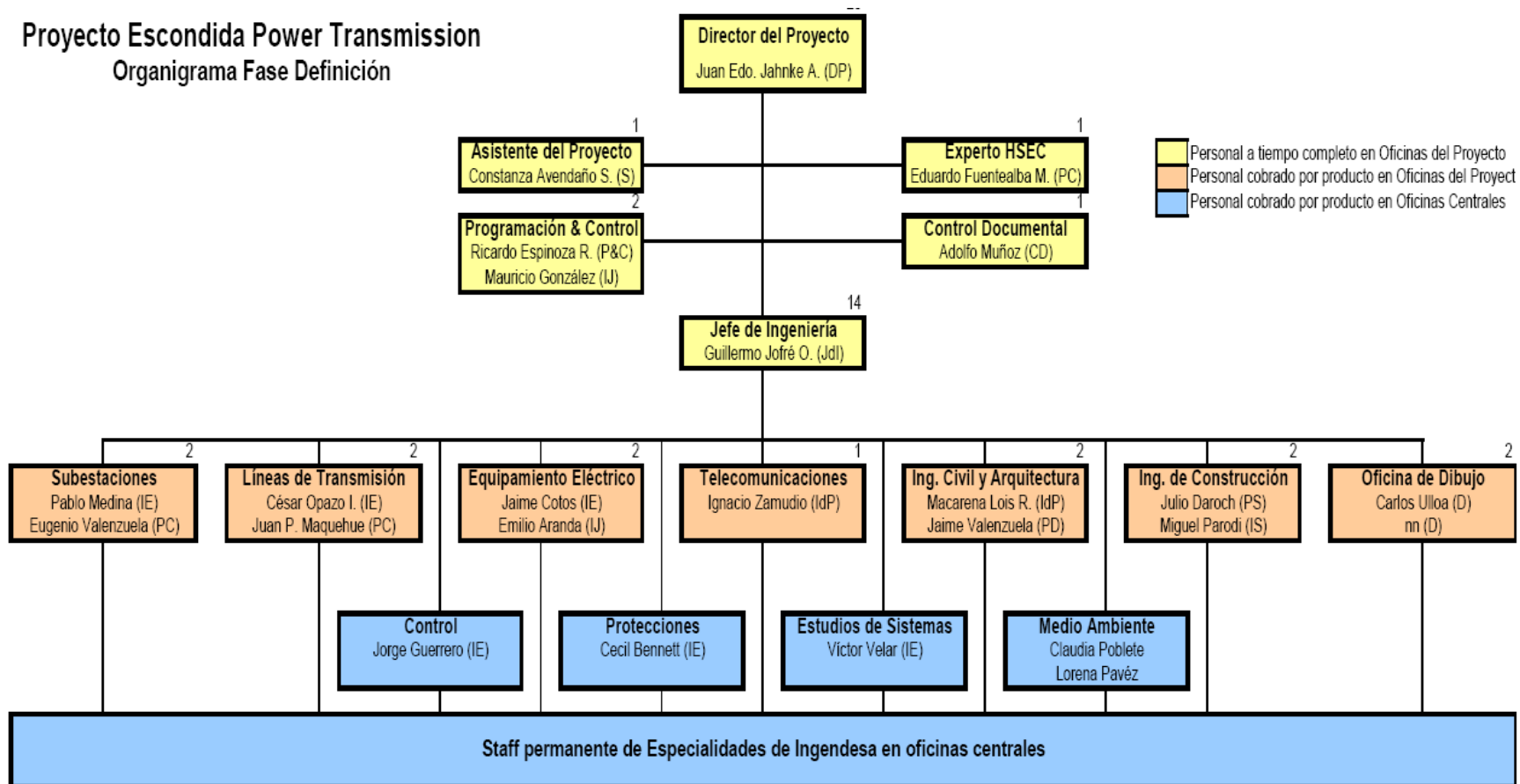


Ilustración 3 Estructura de la Organización

3.3.3 Crear un cronograma de trabajo

3.3.3.1 Definición GAO:

El desarrollo del cronograma establece una secuencia temporal de actividades que determina la duración del proyecto, ayuda a todos a comprender las fechas de los hitos principales, las actividades críticas. También proporciona el medio para establecer una línea base asociada al presupuesto de manera temporal. El método típico de análisis de cronograma es el de la ruta crítica que se encuentra de forma estándar en los paquetes de software de programación (GAO, 2009).

3.3.3.2 Aplicación por INGENDESA:

BHPB impuso a INGENDESA la generación de un cronograma de trabajo con integración de recursos conducente a generar la línea base. Esto significó que la base de datos de la carta gantt debía incluir los recursos asignados a cada actividad. Esta información se usó de base para el cálculo de avance planificado del proyecto.

3.3.3.3 Datos Relevantes del Cronograma

Se consideró como fecha límite para la entrega de la ingeniería el 31 de marzo de 2009 y como fecha de inicio el 01 de septiembre de 2008.

Un detalle del cronograma con el diagrama de red y la carta gantt del proyecto pueden revisarse en el anexo 4.

Se determinó utilizar horas hombre estimadas para ponderar el peso relativo de cada una de las 17 actividades mayores del proyecto. En el caso de existir horas hombre adicionales durante la ejecución del proyecto se definió que estas no serían cuantificadas en el cálculo rendimientos para no distorsionar su medición.

El total de horas hombre incorporadas en el cronograma fue de 33.444. La ruta crítica quedó compuesta por 11 actividades de un total de 492. Las horas hombre asignadas a las actividades de la ruta crítica fueron aproximadamente el 5, 4 % de las horas hombre totales.¹⁹

3.3.4 Estimar los recursos materiales, financieros y humanos requeridos para realizar el trabajo y autorizar los presupuestos

3.3.4.1 Definición GAO:

Los presupuestos y la asignación de recursos para la ejecución del trabajo deben ser autorizados como parte del proceso de EVM (GAO, 2009).

3.3.4.2 Aplicación por INGENDESA:

INGENDESA presentó a BHPB un presupuesto basado en una estimación de horas hombre valorizadas por cada entregable del proyecto.

En el caso de las actividades indirectas correspondientes a dirección y coordinación estas se consideraron contablemente como gastos por lo tanto no

¹⁹ El cronograma se desarrollo a partir de una malla CPM, ambos se pueden revisar en anexo 4

activables, de manera que se contabilizaron de forma independiente y no fueron asociadas a los entregables. Esto significó que de la base de ponderación se redujo las horas hombre indirectas que representaban un 26 % de las 33.444 horas hombre totales, quedando 24.540 horas hombre de tipo directo que fueron distribuidas en actividades de generación de valor.²⁰

3.3.4.3 Recursos dedicados al proyecto:

3.3.5 Determinar de forma objetiva la medición del valor ganado

3.3.5.1 Definición GAO:

La medición del rendimiento es fundamental para el cálculo del valor ganado, esto determina el valor efectivo del trabajo realizado y permite compararlo con el costo incurrido.

Antes de que se inicie el trabajo los gestores de las cuentas de control deben determinar los indicadores que utilizarán para determinar objetivamente el avance del proyecto. Estos índices se usarán para informar el progreso en la consecución de hitos y además se deben integrar con medidas de desempeño técnico (GAO, 2009).

3.3.5.2 Aplicación por INGENDESA:

Aunque INGENDESA tenía una tabla de avances propia tuvo que adaptarla a las especificaciones de BHPB. Para esto se desarrollo un cuadro con valores

²⁰ El detalle de la aplicación de la metodología de distribución de horas se puede apreciar en el Anexo 3

ponderados por cada estado de avance de ingeniería que fue aceptado por la mandante. Se acordó entre las empresas que el avance del proyecto se ponderaría por producto, de acuerdo a una matriz predefinida

3.3.5.3 Matriz de avance

Por solicitud de BHPB se definió la siguiente tabla de equivalencias para cálculo de avance:

Descripción	Revisiones BHPB	Revisiones Ingendesa	Avance
Creación del producto en el sistema de gestión documental	-	-	5%
Avance de la "ejecución" del producto entre 0% a 100%, según control de avance del sistema de gestión documental	-	-	Lineal del 5% al 65 %
Primera emisión para revisión y aprobación de Ingendesa	A	A	65%
Primera emisión para revisión y emisión de MEL/BHPB	B	B	75%
Siguientes emisiones ENTREGADAS para aprobación MEL/BHPB	C, D, E...	C, D, E...	85%
Emisión final "para paquete técnico" contra aprobación MEL/BHPB	P, P1, P2, P3...	0,1,2,3...	100%

Ilustración 4 Tabla de Equivalencias Medición de Avance

3.3.6 Generar línea base (Uso de Ms Project)

3.3.6.1 Definición GAO:

La línea de base representa el valor acumulado de las obras previstas en el tiempo, en esencia corresponde al plan de consumo de recursos durante el desarrollo del proyecto. La detección de desviaciones respecto de la línea base permite a la dirección del proyecto focalizar su atención para asegurar los objetivos del proyecto (GAO, 2009).

La siguiente figura adaptada del documento del GAO muestra esquemáticamente el proceso de generación de la línea base.

Como crear la Línea Base de Desempeño

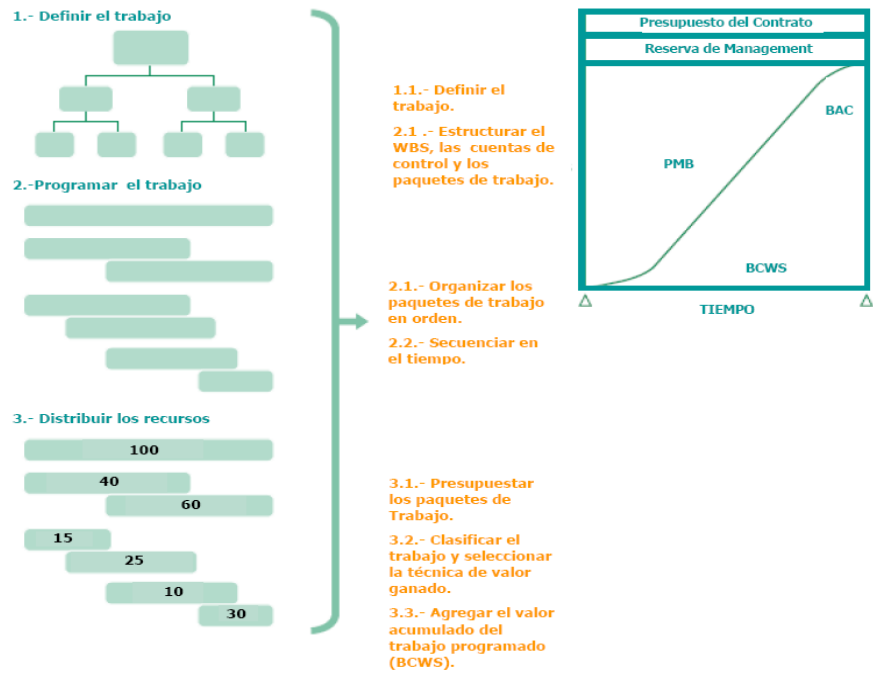


Ilustración 5 GAO Esquema de generación de línea base tomado de GAO, 2009

3.3.6.2 Aplicación por INGENDESA:

3.3.6.3 Generación de línea base

El Proceso de generación de la línea base busca producir la integración de los objetivos de alcance, recursos y tiempo del proyecto en una única función objetivo, a fin de simplificar el proceso de gestión.

Para desarrollar el proceso de generación de línea base es necesario ejecutar una serie de acciones específicas que se detallan a continuación:

3.3.6.3.1 Integración

- 1.- Definir el alcance mediante un WBS
- 2.- Definir una OBS

- 3.- Cruzar WBS con OBS
- 4.- Definir cronograma preliminar
- 5.- Asignar recursos a las actividades

Se puede apreciar el resultado de la línea base del proyecto en la ilustración siguiente.²¹

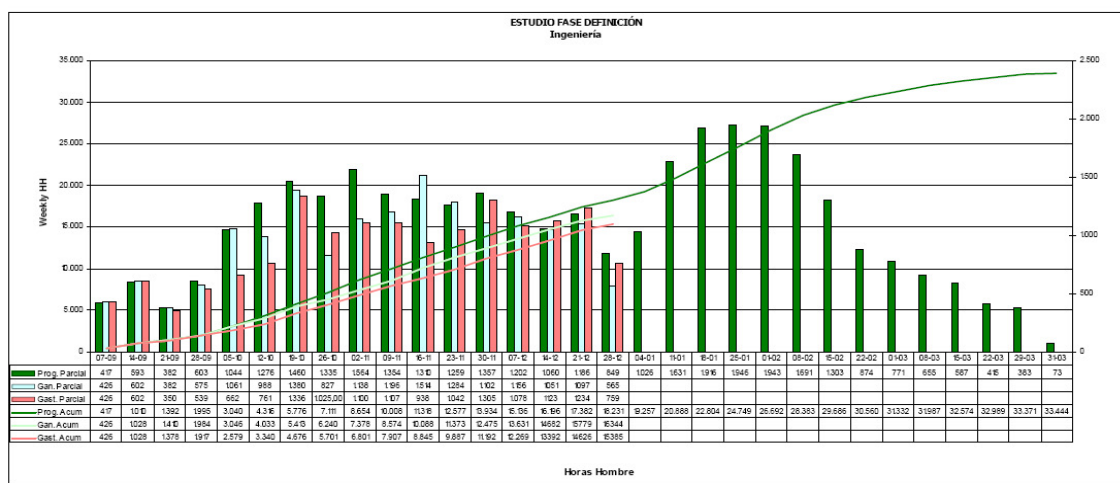


Ilustración 6 Curva S de Avance. (Fuente: elaboración propia)

3.3.7 Ejecutar el trabajo y registrar los costos, analizar datos de EVM y registrar las desviaciones

3.3.7.1 Definición del GAO:

En esta etapa, los ejecutores del proyecto realizan el trabajo, además se produce el registro de los costos reales y de los costos devengados en el sistema contable del proyecto, y se realiza análisis respecto de los rendimientos de costos y cronograma mediante EVM (GAO, 2009).

²¹ Se anexa una guía con el detalle sobre generación de línea base con Ms Project ver anexo 6

3.3.7.2 Aplicación por INGENDESA:

Durante la ejecución es necesario realizar una serie de acciones conducentes a recopilar la información requerida para actualizar el sistema de control y comparar sus resultados reales con la línea base. A continuación se presenta un extracto del informe de avance del proyecto donde se explica las diferencias discretas para un periodo específico.

3.3.7.3 Contabilización de Costos

Luego de ingresadas las horas reales a un sistema informatizado, se ejecutó un proceso de consolidación que permitió realizar el control de horas hombre reales y contrastar contra el avance proyectado, asociando las horas efectivamente consumidas más las comprometidas a una actividad entregable.

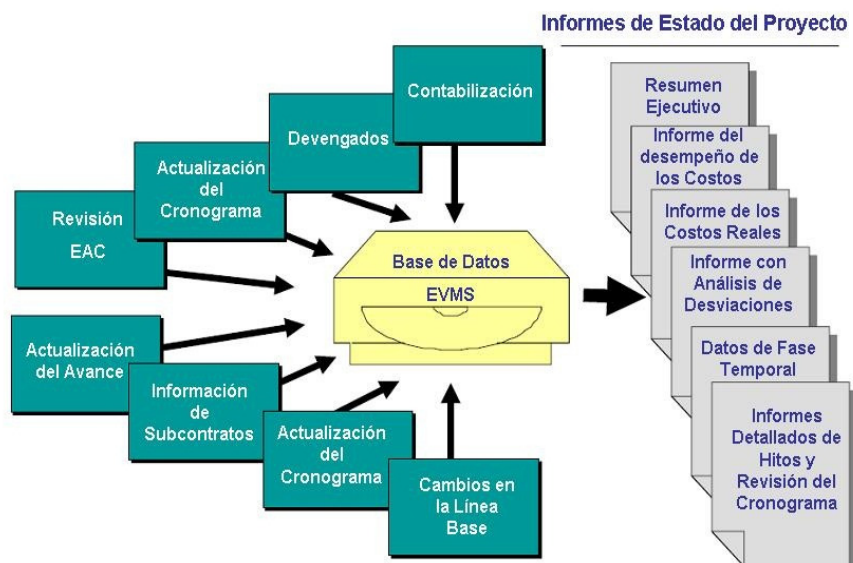


Ilustración 7 generación de reportes. (Fuente: elaboración propia)

Todas estas actualizaciones se informaron en los reportes respectivos que correspondía entregar a BHPB, entre estos, un reporte ejecutivo, informe de rendimiento de costos, costos reales, análisis de diferencias, gantt actualizada e informes de hitos como se aprecia en la ilustración 6.

Este proceso de control de avance y desviaciones se ejecutó semanalmente utilizando las métricas de valor ganado, que permiten ir verificando las desviaciones de forma periódica y evitar que el proyecto se desvíe de manera significativa al enfocarse en el cumplimiento semanal por familia de entregables, el resultado del proceso semanal se aprecia en la tabla 1.

Tabla 1 Control de Avance. . (Fuente: elaboración propia)

B.4 Avances y desviaciones respecto del programa

B.4.1 Avance Físico:

El avance se resume en la siguiente tabla:

DESCRIPCION	HH Orig	HH GANADAS		HH GASTADAS		% AVANCE MENSUAL		% AVANCE TOTAL	
		MES	ACUM.	MES	ACUM.	PROG	GANADO	PROG	GANADO
Estudios, Criterios de Diseño y Diseños Básicos Comunes al EPT	12.515	976	7.179	3.223	9.242	9,33%	7,80%	66,65%	57,36%
ET de Suministros	2.978	963	1.963	323	508	28,29%	32,34%	60,27%	65,92%
Líneas de Transmisión	2.022	626	960	218	444	29,91%	30,97%	48,11%	47,50%
Subestaciones	7.025	1.004	1.302	333	399	23,29%	14,29%	31,06%	18,53%
TOTAL DIRECTOS	24.540	3.569	11.404	4.095	10.592	17,32%	14,54%	54,16%	46,47%
Administración, HSEC	8.904	1.402	4.940	1.403	4.793	15,75%	15,75%	55,48%	55,48%
TOTAL INDIRECTOS	8.904	1.402	4.940	1.403	4.793	15,75%	15,75%	55,48%	55,48%
TOTAL EN PROGRAMA	33.444	4.971	16.344	5.498	15.385	16,90%	14,86%	54,51%	48,87%
No Programadas									
Reuniones Técnicas y talleres de Valor	927			129	510				
Preparación de ICSARAS	660								
Avisos de Cambio	-			242	2.743				
TOTAL NO PROGRAMADAS	1.587			371	3.253				
TOTAL PROYECTO	35.031	4.971	16.344	5.868	18.638				

3.3.8 Control de cambios

3.3.8.1 Definición del GAO:

Los cambios son habituales en proyectos, por esto las directrices de la norma ANSI 748 establecen una forma de gestionarlos para que se formalicen de la manera adecuada Este procedimiento es válido para todos los cambios, con excepción de aquellos retroactivos que afecten datos de rendimiento (GAO, 2009).

3.3.8.2 Aplicación por INGENDESA:

Para el proyecto se implementó un mecanismo formal de control de cambios que permitió mantener la coherencia de la línea base. Un esquema de la aplicación de este, se presenta a continuación:

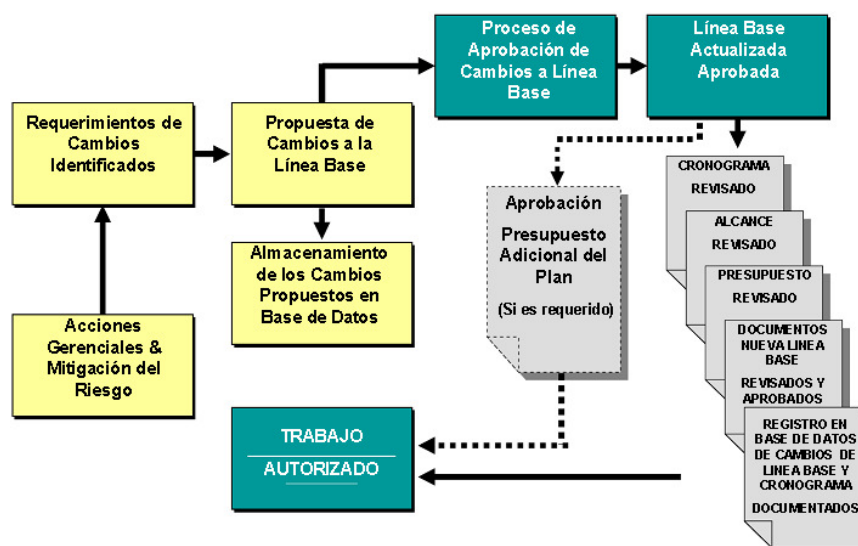


Ilustración 8 Esquema de control de cambio. (Fuente: elaboración propia)s.

Los cambios deben pasar por un proceso formal de aprobación. Luego de acordado el cambio, es necesario realizar la actualización del alcance, los presupuestos y el cronograma y fijar una nueva línea base.

Una vez que la solicitud de cambio es analizada y de ser aprobada, debe presentarse una nota de cambio debidamente definida, presupuestada y calendarizada. Esta puede ser acumulable con otras hasta un porcentaje que amerite realizar un addendum al contrato, una vez aprobada la solicitud se procede a las actualizaciones correspondientes, no siendo necesario esperar hasta el cambio contractual, en caso de no ser aceptada la empresa puede presentar un claim, que es un mecanismo contractual distinto al control de cambios y que genera otro circuito de análisis.

3.4 Conclusiones de la aplicación de EVMS

La utilización del sistema de tipo EVMS de BHPB fue un factor crítico en el cumplimiento de los objetivos del proyecto. Este fue terminado cumpliendo las metas de tiempo, alcance y costos. Producto de esto BHPB adjudicó a INGENDESA de forma directa una segunda fase correspondiente a la ingeniería de detalles llegándose a un total en ambos proyectos del orden de cincuenta mil horas hombre y un monto contratado total de aproximadamente USD 4 MM.

Quizás lo más significativo de todo el proceso fue el aprendizaje (para aquellos que participamos en este proyecto), de que tal como esta ampliamente documentado la aplicación de unas cuantas reglas bien definidas, trazables y

utilizadas con disciplina, pueden hacer funcionar un sistema en apariencia complejo de forma controlada y transparente asegurando los objetivos esperados.

CAPÍTULO IV CONCLUSIONES

4 CONCLUSIONES

4.1 Objeto del capítulo

En este capítulo se presentarán las conclusiones relacionadas con los objetivos tanto generales como específicos del trabajo

4.2 Conclusiones Relacionadas con el Objetivo General:

Objetivo General:

Aportar a la divulgación del sistema de gestión EVMS en la comunidad de Ingenieros Comerciales de la Universidad de Valparaíso y exponer un caso práctico de aplicación.

Respecto del objetivo general, este trabajo es en si mismo un mecanismo que aporta a la divulgación de sistemas de esta naturaleza, esta dirigido a los ingenieros comerciales de la Universidad de Valparaíso, se ha evitado expresamente el uso de terminología demasiado especifica y se ha presentado un caso de aplicación, desarrollando una guía paso a paso que permite al interesado introducirse en el tema, por esto se espera que sirva en principio a iniciar la discusión y despierte el interés en esta área particular de desarrollo profesional y cumpla el objetivo general.

4.3 Conclusiones Relacionadas con los Objetivos Específicos:

Objetivos Específicos:

- Definir EVMS, su desarrollo histórico, y elementos críticos de su metodología.
- Desarrollar el marco teórico de la gestión de proyectos desde la perspectiva de sistemas.
- Presentar un caso de aplicación práctica para un proyecto del ámbito minero/energético.
- Concluir como EVMS se relaciona con la generación de valor de los activos, permitiendo a los Ingenieros Comerciales de la Universidad de Valparaíso extender su ámbito de acción profesional.

Sobre los primeros tres objetivos específicos, estos apuntaron a aproximar la gestión de proyectos de inversión a los profesionales no relacionados de manera permanente con este tipo de materias y en especial a los ingenieros comerciales de la Universidad de Valparaíso, quienes en opinión del memorista, gracias a su formación poseen una especial afinidad con la aproximación sistémica. De esta forma y de manera premeditada, el trabajo se aleja de las definiciones técnicas demasiados detalladas y busca orientar a quién se introduce en el tema desde lo

general a lo particular, repasando aspectos particulares de la historia del desarrollo de este tipo de sistemas y aplicando un marco teórico relacionado con la teoría de sistemas.

Este esfuerzo no ha sido trivial, ya que habitualmente este tipo de herramientas se tiende a confundir con metodologías particulares. Estas aunque efectivas no logran resolver la problemática integral de la gestión de proyectos por encontrarse desestructuradas y carecer de un marco integrador, por esta razón se ha escogido la aproximación sistémica de la norma americana ANSI 748 B como el criterio que ha guiado el desarrollo del proyecto de memoria.

El tratamiento del ejemplo también ha sido desarrollado mediante un marco metodológico específico orientado al fin de hacer entendible este sistema de forma sencilla, por esto se ha escogido y traducido la guía de la GAO de 2009 con los trece pasos específicos para la aplicación del sistema dejando de lado la excesiva especificidad de la técnica para pasar a explicar los conceptos involucrados en el ejemplo.

Finalmente se acompañan en los anexos la norma ANSI 748 B traducida, la metrológica de la técnica, además de ejemplos específicos de aplicación junto a una guía de la utilización del instrumental de software y comentarios para facilitar su utilización.

Sobre el último objetivo específico se puede señalar que el trabajo es un intento de despertar interés en los sistemas del tipo EVMS y exponer el como “aprender” acerca estos, en el amplio sentido de la palabra desde una perspectiva sistémica ya que es el convencimiento del memorista que este tipo de sistemas aporta valor en la formación del futuro ingeniero aumentando su potencial campo laboral, respecto de la razón asociada a esta convicción se puede decir que específicamente el conocer este tipo de herramientas aporta valor a los profesionales de la ingeniería comercial interesado en ampliar su campo laboral ya que hoy día es un requisito cada vez más demandado a la hora de estructurar equipos de gestión de proyectos.

Una forma de comprobar esta afirmación es analizando el crecimiento de los últimos años en la cantidad de certificaciones otorgadas por el Project Management Institute, institución ampliamente reconocida como rectora de mejores prácticas a nivel mundial en el tema de gestión de proyectos y reconocida por ser la editora del Project Management Body of Knowledge (PMBOK). Estas certificaciones acreditan a quienes apliquen y superen sus estrictos requisitos otorgando una credencial internacional como Project Manager Professional.²²

Otro antecedente sobre el mayor valor que el mercado otorga a quienes manejen este tipo de sistemas, lo aporta la guía online de jobsearch.about.com, la guía señala que en 2011 de las 15 certificaciones mejor pagadas a nivel mundial las que tienen los tres primeros lugares son:

²² Ver anexo 5 sobre datos de crecimiento de la certificación PMP

1. PMI Project Management Professional (PMP) with an average annual salary of \$101,695.²³

2. PMI Certified Associate in Project Management (CAPM) The average annual salary for CAPM holders that were surveyed is \$101,103.

3. ITIL v2 – Foundations With an annual average salary of \$95,415.

Justificación Basada en la Realidad local

En nuestro país, aunque no se conocen estudios específicos sobre empleabilidad la memoria de 2010 del capítulo chileno del PMI demuestra que la cifra de PMP ha ido en constante aumento.

También es posible constatar que en los avisos de portales laborales en Chile, al digitar la sigla PMP, aparece de forma frecuente que esta certificación es un requisito deseable asociado al cargo de gerente de proyectos en asociación frecuente con proyectos de tipo tecnológico y mineros.

Para comprender el volumen de proyectos que se ejecutarán en Chile en el quinquenio 2010-2014, se analizan las cifras de la Corporación de Bienes de

²³ Para más detalles revisar : *"The PMP certification from the Project Management Institute (PMI) organization tops the list of highest paying certifications for the current years"* URL:
(<http://jobsearchtech.about.com/od/educationfortechcareers/tp/HighestCerts.htm>)

Capital, este organismo señala en un estudio actualizado a diciembre de 2010 que de acuerdo a la información del catastro de proyectos que esta institución maneja el volumen de inversión privada en el periodo se proyecta del orden de MM USD 73.000 con una fuerte participación del sector minero y energético.

Tabla 2 Volumen de Inversiones de Capital en Chile, quinquenio 201-2014, fuente CBC

SECTOR	AÑOS					TOTAL
	2010	2011	2012	2013	2014	
Minería	3.891	4.757	6.006	5.154	2.467	22.275
Forestal	188	355	31	0	0	574
Industrial	722	754	338	158	143	2.116
Energía	2.146	6.069	7.991	6.388	5.416	28.009
Puertos	122	204	686	460	62	1.534
Inmobiliario	2.311	2.484	2.259	1.562	1.365	9.980
Obras Públicas	498	1.293	2.063	2.504	1.560	7.918
Otros	168	177	162	152	109	768
Total general	10.046	16.092	19.536	16.379	11.122	73.174

Todos estos proyectos necesitan ser gestionados y conducidos de forma de cumplir con sus objetivos Este volumen de inversión sumado a la creciente demanda de profesionales certificados demuestra que es evidente que existe una real oportunidad para los profesionales de distintas disciplinas que manejen y conozcan sistemas de gestión mediante mejores prácticas como el presentado en esta memoria. Debido a esto es posible afirmar que conocer este tipo de sistemas aporta a un ingeniero comercial un potencial de conocimientos que le permitirá mejorar su campo laboral y consiguientemente aumentar su empleabilidad.

4.4 Reflexión Sobre el Caso Estudiado, Organizaciones que aprenden

“Se espesan las nubes, el cielo se oscurece, las hojas flamean, y sabemos que lloverá”. Peter Senge utiliza esta poética frase para explicar el concepto de sistemas aplicado a las empresas. Lo que nos quiere decir es que son todas y cada una de las relaciones que se entrelazan en efectos causales a menudo ocultos y separados en tiempo y lugar, los que generan un fenómeno dado. Senge continua describiendo el pensamiento sistémico como un “marco conceptual, un cuerpo de conocimientos y herramientas que se ha desarrollado en los últimos cincuenta años, para que los patrones totales resulten más claros, y para ayudarnos a modificarlos” (Senge, 2005).

Como se comentó en el capítulo del caso, la empresa INGENDESA a partir de la experiencia de éxito con el uso del sistema particular de gestión EVMS de BHPB inició una serie de cambios estructurales y organizativos con la intención de poder “capturar” esta forma de hacer las cosas. La iniciativa fue un intento por tomar las lecciones aprendidas y capitalizarlas. Para esto se contrató a dos empresas consultoras, una dependiente de una prestigiosa universidad local y a otra renombrada empresa internacional dedicada a desarrollo organizacional, para que propusiesen los cambios requeridos para “saltar” hacia la excelencia.

Ambos estudios sugirieron cambios mayores de tipo organizacional y en infraestructura, los que implicaban al menos en “papel” una nueva forma compartida de hacer las cosas.

Después de dos años, con grandes cambios organizacionales y muchos miles de dólares “invertidos” en estudios y análisis los proyectos seguían atrasados.

Finalmente en parte importante producto de estos atrasos, en el año 2011 la empresa fue absorbida por su matriz ENDESA dejando de existir como empresa independiente.

4.5 Comentario final sobre los sistemas de gestión

Uno de los elementos más interesantes de este trabajo ha sido la oportunidad de reflexionar sobre la “muerte” de una de las empresas de Ingeniería más grandes de Chile. INGENDESA dejó de ser viable porque no fue capaz de adaptarse a su entorno. En un último intento de sobrevivencia trato de “aprender” a marcha forzada a partir de una experiencia exitosa pero no fue capaz de lograrlo a tiempo ahondando en sus problemas más que resolviéndolos.

Sobre las razones por la que no fue posible a INGENDESA avanzar hacia la excelencia podemos volver a citar a Senge:

Practicar una disciplina es diferente de emular un “modelo”. A menudo las innovaciones en administración se describen haciendo referencia a las “mejores prácticas” de las llamadas empresas líderes. Aunque estas descripciones son interesantes, causan más daños que beneficios y generan una copia fragmentaria y el afán de alcanzar a los demás.

Como reflexión final , se puede comentar que si bien es cierto no es posible saber a priori si la utilización de una metodología de implementación distinta hubiese dado otros resultados para la empresa INGENDESA, diversos autores señalan que para ir hacia un nivel de excelencia en la gestión de proyectos lo más apropiado es aplicar una metodología de modelos de madurez, la que en este caso particular no se aplicó.

Se deja esbozada esta reflexión como una propuesta para desarrollar un futuro trabajo, que pudiese continuar con esta línea investigación asociada a la gestión de proyectos de inversión.

5 BIBLIOGRAFÍA

Abba, W (1998, octubre). *Defense Acquisition Reform and Project Management. Proceedings*, Project Management Institute.

Abba, W. (2001). *How Earned Value Got to Prime Time: A Short Look Back and Glance Ahead*. PMI EVM Community of Practice (Project Management Institute & Earned Value Management). Recuperado el 5 de enero de 2011. URL:<http://www.pmi-cpm.org/members/library/EVLook%20Back-Glance%20Ahead.abba.pdf>

Alarcón, L., & Campero, M. (2003). *Administración de Proyectos Civiles*. (2^{da} ed.). Santiago: Pontifica Universidad Católica.

ANSI, American National Standard & Electronic Industries Alliance & Government Technology Association Engineering Department (1998), *ANSI Earned Valued Management System EIA – 748*, Arlington: Electronic Industries Engineering Department.

Argyris, C. (1977) *Double loop learning in organizations*, " Harvard Business Review 55 (September-October): 115-125

Beer, S. (1972). *Brain of the Firm: A Development in Management Cybernetics*. New York: Herder and Herder: 1972

Bertalanffy Von, L (1976) *Teoría General de los Sistemas*, México, Ed . Fondo de Cultura Económica.

Bravo J (2005) *Taylor Revisitado la Productividad es la Clave* (1^{ra} ed.). Santiago: Evolución

British Standard Institute *BSI 6079 Principles and guidelines for the management of Projects*, 3 ed.: Londres 2010.

Britton G. & Parker J. (2001) *An Explication Of The Viable System model For Project Management*. Recuperado: mayo 2012. URL:

CBC, Actualidad de Proyectos de Inversión Quinquenio 2010-2012, Recuperado junio 2012. URL: www.cbc.cl

Clark, C. E., Fazar, W., Malcolm, D. G., & Roseboom, J. H. (Septiembre-octubre de 1959), *Application of a Technique for Research and Development Program Evaluation*. Vol. 7 (5). U.S.A.: OPERATIONS RESEARCH. [Edición electrónica en PDF]. Recuperado el 7 de enero de 2011. URL:

<http://www.pmforum.org/library/second-edition/2009/PDFs/dec/Morin-Footnote1.pdf>

Cleland D & Lewis, R (2007) *Project Management: Strategic Design and Implementation*. (5^{da} ed.) Nueva York: McGrawHill.

DOD, Department of Defense (2006, octubre), *Earned Value Management Implementation Guide, EVMIG*. URL <https://acc.dau.mil/CommunityBrowser.aspx?id=19557>.

DOD, Department of the Defense (1987, octubre). *Cost/Schedule Control Systems Criteria: Joint Implementation Guide*. Washington: Government Printing Office.

DOE, Department of Energy, (2008, junio), *Earned Valued Management System (EVMS)*, Washington, Recuperado 5 mayo 2011, URL <https://www.directives.doe.gov>

Fleming, Q., & Koppelman, J. (Septiembre de 2003). *Forethought Tool: What's Your Project's Real Price Tag?*. Harvard Business Review. Recuperado el 7 de enero de 2011. URL <http://hbr.org/2003/09/whats-your-projects-real-price-tag/ar/1>

Fleming, Q., & Koppelman, J. (Septiembre de 2003). *Forethought Tool: What's Your Project's Real Price Tag?*. Harvard Business Review. Recuperado el 7 de enero de 2011. URL <http://hbr.org/2003/09/whats-your-projects-real-price-tag/ar/1>

ISO 21.500 Draft, 2011: Guidance on Project Management

Kerzner, H (2009) *Project Management a System Approach to Planning, Scheduling and Controlling* (10^{ra} ed.) New Jersey :Wiley

Kirsch, Laurie J. (2000). *Software Project Management: An Integrated Perspective for an Emerging Paradigm*. Cincinnati: Ed Zmud.

Koppelman J. & Quentin W. F..(mayo 2003) *What's Your Project's Real Price Tag?* Harvard Business Review, 81, 9, 20-21

Martínez Coll, Juan Carlos (2001): *Breve historia del pensamiento económico en La Economía de Mercado, virtudes e inconvenientes* , Recuperado 5 de mayo 2011, URL <http://www.eumed.net/cursecon/1c/pensamiento-economico.htm>

Morin, J (2010), *Interview with Jim Morin, Earned Value Pioneer*. The Measurable News 4: 25-31.

Morin, J. (2009, diciembre). *How it all began: The creation of eaned Value and the Evolution of C/SPCS and C/SCSC*. PM Word Today, Global Project Management on-line ejournal. (2^{da} ed.). IX (XII). Recuperado el 5 de enero de 2011. URL

<http://www.pmforum.org/library/second-edition/2009/PDFs/dec/SE-Morin-HowItAllBegan.pdf>;

National Defense Industrial Association (NDIA) & Program Management Systems Committee (PMSC) (2011), *Earned Value Management Systems Intent Guide*, Recuperado 5 de mayo 2011, ARLINGTON: NDIA, URL <http://www.ndia.org>.

Pearce, D, (1999) *Diccionario AKAL de Economía Moderna*. (7^{ma} ed.). Madrid :AKAL,184

Performance Technology Corporation, (1965, febrero). *PMFORUM Project Management*, PTC [Edición electrónica en PDF]. Recuperado el 6 de enero de 2011. URL <http://www.pmforum.org/library/second-edition/2009/PDFs/dec/Morin-Footer4.pdf>

Pierce, B. (1992). Frank and Lillian Gilbreth and the Motion Study Controversy, 1907-1930. En Nelson, D. (ed.), *A mental Revolution: Scientific Managment since Taylor*. (pp. 58-76). Columbus: Ohio State University. [Edición electrónica en PDF]. Recuperado el 5 de enero de 2011. URL http://cmapspublic.ihmc.us/rid=1226616144986_190407339_22545/Gilbreth%20article.pdf

PMI Chilean Chapter, *Memoria 2010*, Recuperado mayo 2012. URL: www.pmi.cl/descargas/memorias.pdf

Project Management Institute. (2008). *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK)*. (4^{ta} ed.). Pennsylvania: PMI, Inc. [Edición electrónica en PDF]. ISBN: 978-1-933890-72-2

Rodríguez J . (2003), *Introducción a la Administración con Enfoque en sistemas* (4ta ed.), Ciudad de México: Thomson International.

Senge, P (2005), *La Quinta Disciplina: el arte de la organización abierta al aprendizaje*-2^a ed. 4^a reimp. , Buenos Aires , Granica: 2005.

Thomas Kuhn. (Última modificación: 2011, abril 6). Wikipedia. Recuperado el 8 de enero de 2011. URL http://es.wikipedia.org/wiki/Thomas_Kuhn

Umpley, S (2009) *Ross Ashby's general theory of adaptive systems*, *International Journal of General Systems*, Volume 38, Number 2, Washington, Taylor & Francis:2009.

US Government Accountability Office (GAO) (2009), *Best Practices for Developing and Managing Capital Program Costs*, Recuperado abril 2012. URL <http://www.gao.gov/products/GAO-09-3SP>

Veerendra K. Rai & K Subramanian (2007) Viable System Model: A framework for Designing Structure for Control for Programme Management: Tata Consulting Recuperado mayo 2012. URL: http://www.tcs.com/resources/white_papers/Pages/ProgramManagementDesignAViableSystemPerspective.aspx

Von Foester, H. (1995). *Cybernetics of Cybernetics*. 2 ed. Future Systems inc. Minneapolis, Minnesota, U.S.A.

W. Ross Ashby, *An Introduction to Cybernetics*, Chapman & Hall, London: 1956. Internet (1999)

Wiener, N. (1948). *Cybernetics or the Control and Communication in the Animal and the Machine*. MIT Press.

6 ANEXO 1 TRADUCCION DEL LA NORMA ANSI 748

Traducción del La Norma ANSI 748

Las mejores prácticas conocidas en la administración de proyectos desde la década del sesenta del siglo XX, fueron resumidas por el Instituto Norteamericano de Ingeniería Electrónica, y compiladas como la norma americana ANSI 748. En ésta, se encuentran resumidas 32 líneas de acción auditables, y se entiende que corresponden a elementos necesarios y críticos, de éxito para la ejecución de proyectos de acuerdo a esta metodología (ANSI 748).

Organización

Este tema busca asegurar que el sistema proyecto tenga una estructura lógica de desagregación de actividades, y que las estructuras más detalladas, conocidas como paquetes de trabajo, puedan ser asignadas de forma coherente y trazable. A continuación se detallan:

a.- Es necesario utilizar una estructura de desglose del trabajo (EDT) para definir los elementos de trabajo autorizados para el proyecto. Este debe ser, desarrollado a la medida para cada proyecto. Este proceso ejecutado de forma permanente permitirá el control eficaz de la gestión interna.

b.- Es necesario identificar y definir la estructura de desagregación de la organización del proyecto (esto incluye los subcontratistas principales) OBS. Cada uno de los responsables identificados serán los encargados de llevar a cabo el trabajo autorizado. Este proceso permite definir los elementos organizativos en los que el trabajo será planificado y controlado.

c.- Es necesario integrar una serie de elementos, entre ellos: la planificación de la empresa, la programación del proyecto, el presupuesto, el sistema de autorización del trabajo y la contabilización de costos. Este proceso permite vincular el trabajo del proyecto a nivel de la estructura de desagregación del trabajo y el de estructura organizativa del proyecto.

d.- Se debe identificar la parte de la organización que es responsable del control de los gastos generales (costos indirectos).

e.- Corresponde disponer la integración de la estructura de desagregación del trabajo y la estructura de desagregación de la organización, de una manera que permita que los costos y la medición de avances puedan ser analizados desde una o ambas estructuras, según sea necesario. (ANSI 748°).

Planificación, cronograma y presupuesto

La planificación es un elemento crítico de la buena gestión de proyectos, junto con esto, la construcción de una línea base busca asegurar que los proyectos sean planificados y luego controlados de acuerdo a las mejores prácticas, además de asegurar su trazabilidad. A continuación se detallan

a.- Es necesario desarrollar el cronograma en una forma que describa la secuencia de trabajo, e identificar las interdependencias importantes entre las tareas necesarias para cumplir los requisitos del proyecto.

b.- Se debe identificar los productos físicos, los hitos, las metas de desempeño técnico; u otros indicadores que se utilizarán para medir el progreso del proyecto.

c.- Para fines de coherencia, es mandatorio establecer y mantener una línea base del presupuesto por fases, desagregada a nivel de cuenta de control.

Esta línea es con la cual se debe medir el desempeño del programa. Para ello, debe fijarse un presupuesto inicial establecido, este debe estar basado en los objetivos de gestión interna o en el objetivo de costo

negociados con los clientes externos; incluidos las estimaciones de trabajo autorizado, pero no definido ni asociado a alguna actividad específica.

En el caso de esfuerzos de largo plazo, estos pueden ser asignados provisionalmente a cuentas de alto nivel, hasta el momento oportuno en que sean asignados a nivel de la cuenta de control.

d.- Es necesario establecer los presupuestos para el trabajo autorizado, con identificación de los elementos de costo significativo (mano de obra, material, etc.); según sea necesario para la gestión interna y control de subcontratistas.

e.- Se debe (en la medida de lo posible) identificar el trabajo autorizado en paquetes de trabajo discreto, establecer presupuestos para este trabajo en términos de dólares, horas u otras unidades. En el caso de cuentas de control que no puedan ser subdivididas en paquetes de trabajo detallados, es necesario identificar los esfuerzos en el largo plazo y agruparlos en grandes paquetes de trabajo para propósitos de planificación y presupuesto.

f.- La suma de todos los presupuestos de los paquetes de trabajo que componen una cuenta de control, no debe exceder el presupuesto de la cuenta de control.

g.- Se debe identificar y clasificar las actividades de tipo “nivel de esfuerzo” en presupuestos temporalizados establecidos para ese propósito. Sólo las tareas que no son fácilmente mensurables deben ser clasificadas de esta forma.

h.- Para fines de control, corresponde establecer el presupuesto de gastos generales para cada componente de la compañía, que se puedan considerar como costos indirectos. Adicionalmente, es necesario reflejar en

el presupuesto del proyecto al nivel apropiado, y los fondos planeados como costos indirectos.

i.- Parte de la buena gestión, implica Identificar fondos reservados de la administración y aquellos presupuestos no distribuidos.

j.- Finalmente, en este punto se hace necesario verificar que la suma total del proyecto coincida con la suma de todas las cuentas de control, presupuestos indirectos, fondos reservados y presupuestos no distribuidos. (ANSI 748).

Consideraciones de la contabilización

Uno de los principales problemas que se presentan en los proyectos dice relación con la falta de trazabilidad en los costos, esta sección busca evitar este problema, entregando instrucciones precisas para evitar este problema. A continuación se detallan.....:

a.- Los registros de costos directos deben ser consistentes con los presupuestos en un sistema formal controlado por principios contables.

b.- En la estructura de descomposición del trabajo, los costos directos de las cuentas se deben resumir en una única cuenta de control. Se debe evitar que los fondos de una cuenta única de control se asignen a dos o más elementos de una cuenta superior del WBS.

c.- La contabilización de costos debe quedar asignada a un único nivel de la estructura de responsabilidad OBS.

d.- Se deben registrar los costos indirectos en sus respectivas cuentas de presupuesto.

e.- El sistema debe permitir identificar costos unitarios, equivalencias de costos unitarios y costos de lote cuando sea necesario.

f.- El Sistema EVMS debe permitir la contabilización del material de forma de tener:

1.- Un adecuado control de costos y asignación a cuentas de control en forma consistente con los presupuestos usando técnicas reconocidas, y aceptables.

2.- Medición oportuna del desempeño costo del material, teniendo presente el no contabilizar antes de realizar los pagos parciales o el recibo real de material.

3.- Total trazabilidad del material comprado por el proyecto incluido el material residual (ANSI 748).

Análisis y gestión de informes

La preparación de reportes e informes habitualmente se realiza como parte del proceso de gestión de proyectos, esta sección establece criterios que deben ser incluidos en estos de forma de entregar información objetiva y útil. A continuación se detallan....:

a.- El sistema debe generar información periódica a partir de datos reales de costos que puedan conciliarse con el sistema de contable. Esta información debe emitirse con frecuencia mensual a nivel de la cuenta de control y en otros niveles según sea necesario y debe permitir:

1.- Medir la variación del cronograma, el objetivo se logra al relacionar el valor presupuestado para un avance físico teórico a la fecha de revisión con el costo devengado o ganado para el trabajo (efectivamente) completado. Esta comparación permite medir la desviación del cronograma.

2.- Medir el desempeño del costo. Esto se realiza al generar una relación entre el presupuesto “ganado” y los costos directos reales para la misma actividad.

b.- El sistema debe identificar mensualmente las diferencias significativas en los indicadores de cronograma y costo a fin de preparar justificaciones acorde a los requerimientos de la dirección del proyecto.

c.- Además es necesario Identificar las variaciones significativas del costo indirecto relacionándolo con lo presupuestado. Este proceso debe efectuarse con la oportunidad y frecuencia necesaria para realizar un control gerencial efectivo.

d.- Es parte del proceso consolidar los elementos de datos y las varianzas a través de la organización del proyecto y /o la WBS en orden a dar soporte a las necesidades gerenciales de información y a los reportes que sean parte de los requerimientos específicos del cliente por contrato

e.- Se deben implementar acciones gerenciales adoptadas como resultado de información de valor acumulado.

f.- Es necesario desarrollar pronósticos con proyecciones de costos al término del proyecto basados en el desempeño a la fecha del pronóstico incluyendo valores comprometidos para materiales y estimaciones de condiciones futuras. Realizar una comparación entre esta información y el desempeño de la línea base para identificar variaciones en la proyección al término. Estas se procesan siempre que sean significativas para la dirección y organización del proyecto, teniendo especial atención aquellos requerimientos de información que generen solicitudes de fondos al cliente (ANSI 748)

Mantenimiento y revisión de datos

Los cambios en los datos o bases de medición deben ser realizados sólo en casos muy particulares. Es especialmente delicado alterar la línea base. A continuación se detallan...:

a.- El sistema debe incorporar y controlar los cambios autorizados de manera oportuna, registrando los efectos de tales cambios en los presupuestos y programas. Durante la etapa previa a la negociación de un cambio, la base de tales revisiones esta basada la cantidad estimada por la organización del proyecto.

b.- Es necesario compatibilizar los presupuestos actuales con presupuestos anteriores, en términos de cambios en el trabajo autorizado y re planificación interna, con el detalle necesario que la administración necesite para un control eficaz.

c.- Los ajustes a los datos deben ser sólo a aquellos que estén autorizados, es necesario que existan las aprobaciones y evidencia de control sobre las intervenciones retroactivas.

Intentos de cambios arbitrarios debiesen ser detectados y corregidos.

En ningún caso se debe alterar la integridad de la línea base.

d.- Se deben evitar revisiones al presupuesto del proyecto, exceptuando sólo los cambios autorizados.

e.- Se deben documentar los cambios la línea de base de medición de rendimiento (ANSI 748)

7 ANEXO 2 EVM METRICAS Y GRAFICA

Earned Valued, Metrología de la Técnica

De la variación absoluta y relativa de tiempo y costos

Variación Absoluta

En monto, son favorables si son positivas, desfavorables si son negativas.

$CV = BCWP - ACWP$ (Variación de Costos, expresada en costos)

$SV = BCWP - BCWS$ (Variación de Calendario, expresada en costos)

$VAC = BAC - EAC$ (Proyección de la variación absoluta de costos totales del proyecto al finalizar).

Variación Porcentual

$CV\% = (CV / BCWP) * 100$

$SV\% = (SV / BCWS) * 100$

$CPI = BCWP / ACWP$ (Índice de Costos)

$SPI = BCWP / BCWS$ (Índice de Cronograma)

Estatus General

$\% \text{ Cronograma} = (BCWS \text{ acum} / BAC) * 100$

$\% \text{ Completado} = (BCWP \text{ acum} / BAC) * 100$

$\% \text{ Gastado} = (ACWP \text{ acum} / BAC) * 100$

Indicadores de Primera Línea

Eficiencia de Costos $CPI = BCWP / ACWP$, favorable si es > 1

Eficiencia de Cronograma $SPI = BCWP / BCWS$, favorable si es > 1

Índice de Ejecución de Línea Base

$BEI = \frac{\text{Tarea de Línea Base Terminadas}}{(\# \text{ de Tareas Agendadas de la Línea Base a la fecha} + \text{Tareas Pendientes de la Línea Base por comenzar})}$

Estimación al Término

$EAC = \text{Reales a fecha} + [(\text{Trabajo Remanente}) / (\text{Factor de Desempeño})]$

$EAC_{cpi} = ACWP_{acum} + [(BAC - BCWP_{acum}) / CPI_{acum}]$

$EAC_{compuesto} = ACWP_{acum} + [(BAC - BCWP_{acum}) / CPI_{acum} * SPI_{acum}]$

Índice de desempeño para finalizar

$TCPI_{eac} = \frac{\text{Trabajo remanente}}{\text{Costo remanente}} = \frac{(BAC - BCWP_{acum})}{(EAC - ACWP_{acum})}$

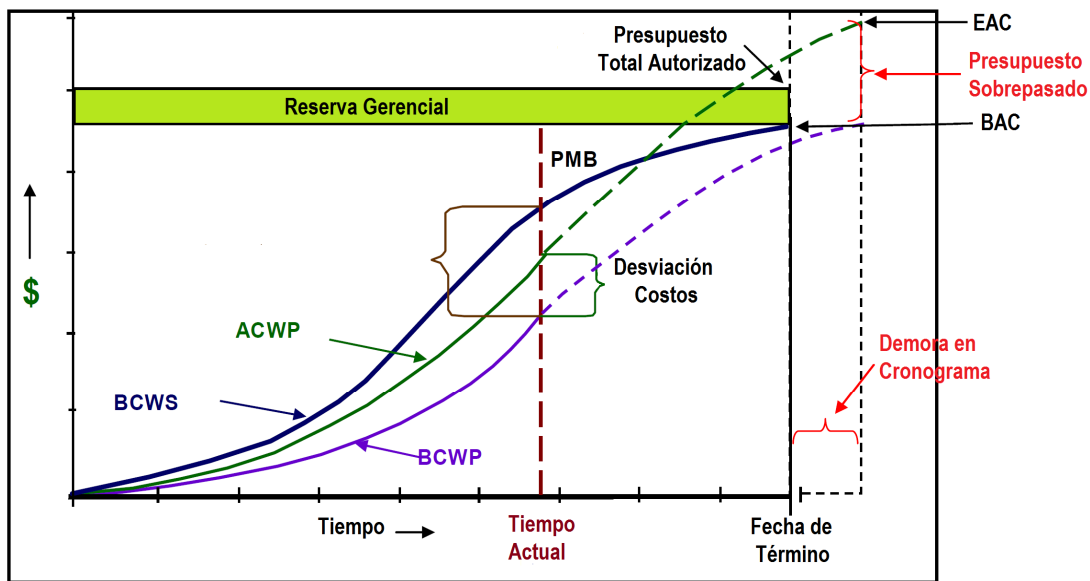


Ilustración 9. (Curva S Fuente: elaboración propia a partir de Golden Card DOE 2011)

8 ANEXO 3 SING

Mapa del SING

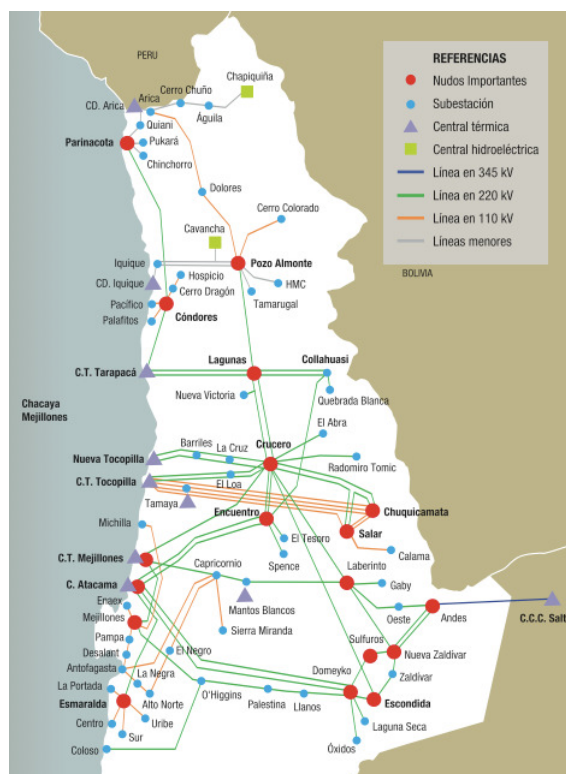


Ilustración 10 SING

Precio Marginal del SING

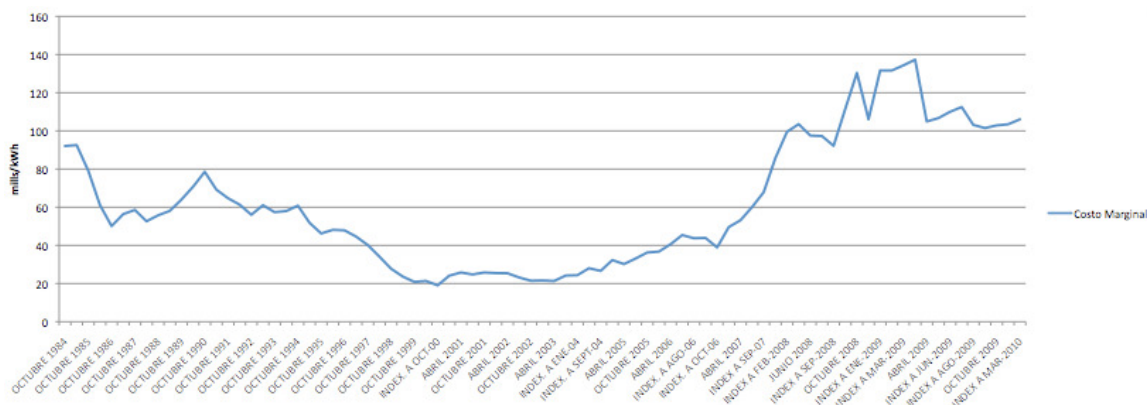


Ilustración 11 Precio Marginal de la energía en el SING²⁴

²⁴ Ambos gráficos extraídos desde <http://web.ing.puc.cl/~power/alumno10/sing/sing.html>

9 ANEXO 4 CRONOGRAMA

Cronograma

El cronograma quedó estructurado teniendo en un primer nivel los siguientes tres elementos principales:

- Coordinación
- Hitos
- Actividades Técnicas

Los Hitos declarados fueron los siguientes:

- BHPB: Entrega Estudios NDP, BHPB
- BHPB: Entrega Medición Resistividad BHPB
- Inicio Fase de Definición
- Especificaciones de estructuras y materiales de las líneas de A.T.
- Especificaciones de equipos de las subestaciones
- Subestaciones
- Líneas de Transmisión
- Estimación de costos de Capital (CAPEX)
- Estimación de costos de Operación (OPEX)
- Término Contrato Fase Definición

Vista de red y gantt del proyecto

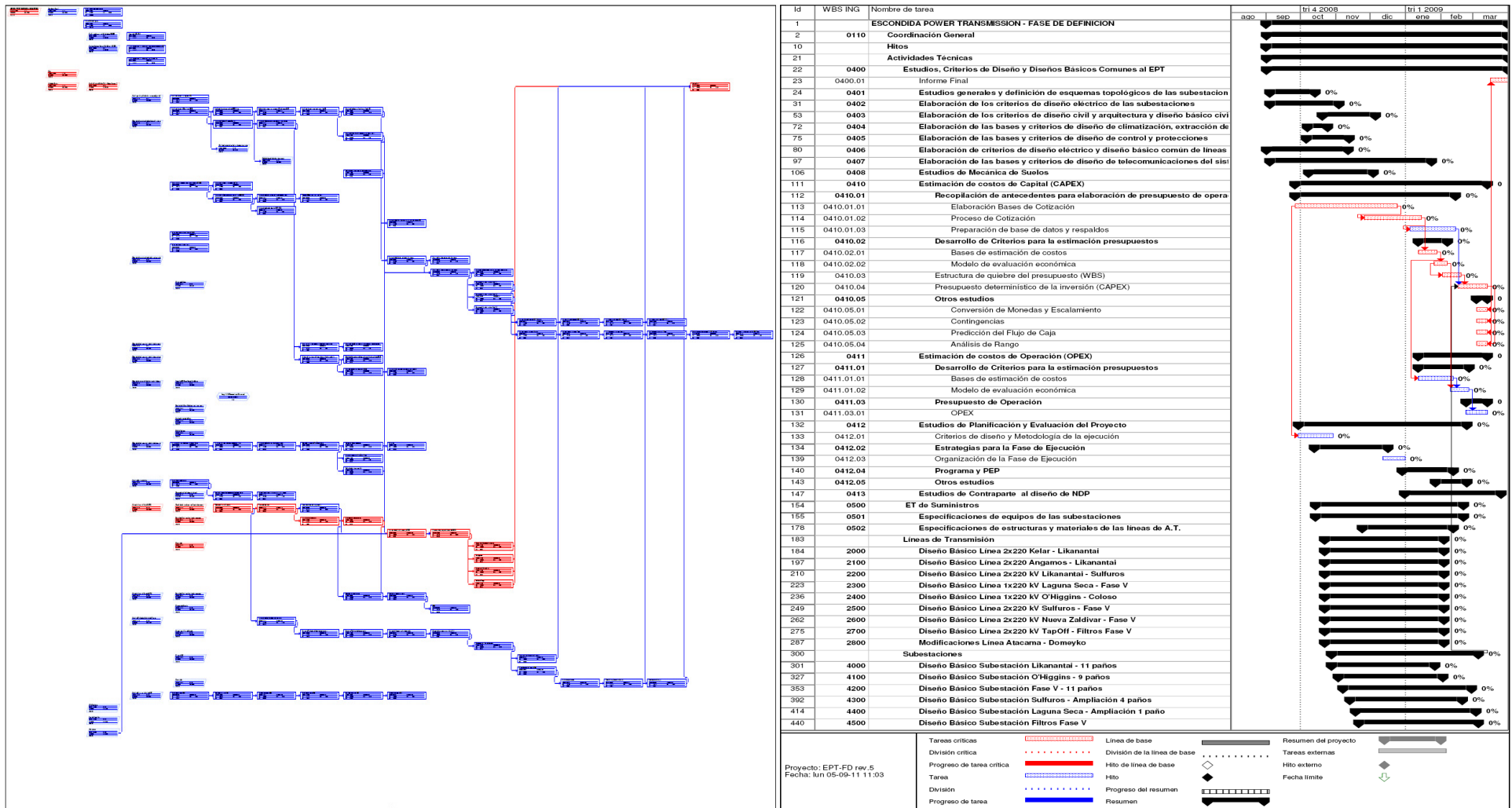


Ilustración 12 Vista de Red y Gantt del Proyecto. (Fuente: elaboración propia)

10 ANEXO 5 TABLAS DE RECURSOS

Estimar los recursos materiales, financieros y humanos requeridos para realizar el trabajo y autorizar los presupuestos incluyendo la reserva de management.

Tabla 3 de Recursos análisis de horas directas. (Fuente: elaboración propia)



ESTUDIO DE DEFINICIÓN PARA EL PROYECTO
ESCONDIDA POWER TRANSMISSION



Estado de Pago - EDP 01 Rev.0
Desde el 1-Sep-08 hasta el 28-Sep-08

INGENIERIA

CONTRATO BASE						ACUMULADO EDP ANTERIOR		PERIODO ACTUAL		ACUMULADO A LA FECHA		SALDO	
ID	Descripción	Unidad	Precio Unitario UF	Cantidad HH	Total UF	Cantidad HH	Total UF	Cantidad HH	Total UF	Cantidad HH	Total UF	Cantidad HH	Total UF
SERVICIOS A PRECIOS UNITARIOS													
1	Administración del Contrato				12.974,40			1.452,13		1.452,13			11.522,27
DP	Director Proyecto	HH	2,80	1.272,00	3.561,60			148,00	414,40	148,00	414,40	1.124,00	3.147,20
Jdl	Jefe de ingeniería	HH	2,80	20,00	56,00			20,00	56,00	20,00	56,00	1.095,50	2.245,77
IJ	Asistente Técnico	HH	0,75	1.272,00	954,00			42,00	31,50	42,00	31,50	1.230,00	922,50
S	Asistente Administrativo	HH	0,60	1.272,00	763,20			155,00	93,00	155,00	93,00	1.117,00	670,20
PR	Jefe de HSEC	HH	1,70	1.272,00	2.162,40			120,00	204,00	120,00	204,00	1.152,00	1.958,40
P&C	Programación y Control	HH	1,70	1.272,00	2.162,40			150,00	255,00	150,00	255,00	1.122,00	1.907,40
CD	Controlista Documental	HH	0,60	1.272,00	763,20			154,00	92,40	154,00	92,40	1.118,00	670,80
2	Apoyo Administración y Participación en reuniones Técnicas				647,20	0,00		184,74		184,74		0,00	462,46
JE	Jefe de Especialidad	HH	2,60	35,00	91,00			5,50	14,30	5,50	14,30	29,50	76,70
IE	Ingeniero Especialista	HH	1,70	96,00	163,20			5,00	8,50	5,00	8,50	91,00	154,70
IDP	Ingeniero de Proyectos	HH	1,25	96,00	120,00			76,00	95,00	76,00	95,00	20,00	25,00
IP	Ingeniero Proyectista	HH	0,75	96,00	72,00			21,50	16,13	21,50	16,13	74,50	55,87
IJ	Ingeniero Junior	HH	0,75	96,00	72,00			21,50	16,13	21,50	16,13	74,50	55,87
PC	Proyectista Coordinador	HH	0,90	20,00	18,00			0,00	0,00	0,00	0,00	20,00	18,00
PD	Proyectista Diseñador	HH	0,75	30,00	22,50			21,50	16,13	21,50	16,13	8,50	6,37
3	Participación en talleres de valor				473,60	0,00		0,00		0,00		0,00	473,60
IE	Ingeniero Especialista	HH	1,70	128,00	217,60			0,00	0,00	0,00	0,00	128,00	217,60
IDP	Ingeniero de Proyectos	HH	1,25	128,00	160,00			0,00	0,00	0,00	0,00	128,00	160,00
IJ	Ingeniero Junior	HH	0,75	128,00	96,00			0,00	0,00	0,00	0,00	128,00	96,00
4	Estudios complementarios de Medio Ambiente				933,00	0,00		0,00		0,00		0,00	933,00
JE	Jefe de Especialidad	HH	2,60	40,00	104,00			0,00	0,00	0,00	0,00	40,00	104,00
JG	Jefe de Grupo Especialista	HH	1,00	40,00	40,00			0,00	0,00	0,00	0,00	40,00	40,00
EAS	Especialista Ambiental Senior	HH	1,60	180,00	288,00			0,00	0,00	0,00	0,00	180,00	288,00
EAC	Especialista Ambiental Coordinador	HH	1,15	260,00	299,00			0,00	0,00	0,00	0,00	260,00	299,00
EA	Especialista Ambiental	HH	0,78	400,00	312,00			0,00	0,00	0,00	0,00	400,00	312,00
				10.491,00	15.028,20	0,00	0,00	1.114,50	1.636,87	1.114,50	1.636,87	2.536,00	13.391,33
Subtotal Servicios a P.U. UF No Afecto a IVA					15.028,20		0,00		1.636,87		1.636,87		
Subtotal Servicios a P.U. UF Afecto a IVA					0,00		0,00		0,00		0,00		
Subtotal Servicios a P.U. UF					15.028,20		0,00		1.636,87		1.636,87		

resourcing the future
Toledo M.
Ingeniería
TRANSMISSION

Estimar los recursos materiales, financieros y humanos requeridos para realizar el trabajo y autorizar los presupuestos incluyendo la reserva de management.

Tabla 4 Análisis de horas que aportan valor. . (Fuente: elaboración propia)



ESTUDIO DE DEFINICIÓN PARA EL PROYECTO
ESCONDIDA POWER TRANSMISSION



Estado de Pago - EDP 01 Rev.0
Desde el 1-Sep-08 hasta el 28-Sep-08

ESTUDIOS Y DISEÑOS A SUMA ALZADA

CONTRATO BASE (ESTIMADOS)						ACUMULADO EDP ANTERIOR		PERIODO ACTUAL		ACUMULADO A LA FECHA		SALDO	
ID	Descripción	Unidad	Precio Unitario UF	Cantidad	Total UF	Cantidad	Total UF	Cantidad	Total UF	Cantidad	Total UF	Cantidad	Total UF
0400	Estudios, Criterios de Diseño y Diseños Básicos Comunes al EPT	gl						0,08	1.471,96	0,08	1.471,96	0,92	17.553,19
0500	Especificaciones Técnicas de Suministros	gl						0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	4.754,00
2000	Diseño Básico Línea 2x220 Kilar - Likanantai	gl						0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	273,00
2100	Diseño Básico Línea 2x220 Angamos - Likanantai	gl						0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	273,00
2200	Diseño Básico Línea 2x220 kV Likanantai - Sulfuros	gl						0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1.529,00
2300	Diseño Básico Línea 1x220 kV Laguna Seca - Fase V	gl						0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	55,00
2400	Diseño Básico Línea 1x220 kV O'Higgins - Coloso	gl						0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	322,00
2500	Diseño Básico Línea 2x220 kV Sulfuros - Fase V	gl						0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	127,00
2600	Diseño Básico Línea 2x220 kV Nueva Zaldívar - Fase V	gl						0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	186,00
2700	Diseño Básico Línea Tap-off 2x220 kV Planta Filtros Fase V	gl						0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	44,00
2800	Diseño Básico modificación línea Atacama - Domeyko por Likanantai y O'Higgins	gl						0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	52,00
4000	Diseño Básico Subestación Likanantai - 11 paños	gl	1.031,00	1,00	1.031,00			0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1.031,00
4100	Diseño Básico Subestación O'Higgins - 9	gl	1.085,00	1,00	1.085,00			0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1.085,00
4200	Diseño Básico Subestación Fase V - 11 paños	gl	1.725,00	1,00	1.725,00			0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1.725,00
4300	Diseño Básico Subestación Sulfuros - Ampliación 4 paños	gl	998,00	1,00	998,00			0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	998,00
4400	Diseño Básico Subestación Laguna Seca - Ampliación 1 paño	gl	1.085,00	1,00	1.085,00			0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1.085,00
4500	Diseño Básico Subestación Filtros Fase V	gl	2.208,00	1,00	2.208,00			0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	2.208,00
					34.772,15		0,00		1.471,96		1.471,96		33.300,19
Subtotal Ing UF No Afecto a IVA					34.772,15		0,00		1.471,96		1.471,96		
Subtotal Ing UF Afecto a IVA					0,00		0,00		0,00		0,00		
Subtotal Ing UF					34.772,15		0,00		1.471,96		1.471,96		

1.586 (INDIRECTAS) + 22.954 (DIRECTAS)

24.540.- HORAS HOMBRE ENTREGABLES PONDERAN AVANCE
TOTAL DE HORAS = 8.905 + 24.540 = 33.444.-

bhpbilliton resourcing the future

Oscar Toledo M.
Gerente de Ingeniería
ESCONDIDA POWER TRANSMISSION

11 ANEXO 6 GENERANDO LINEA BASE CON MS PROJECT

Cuestiones previas

A fin de introducir la metodología técnica utilizada para la generación de línea base mediante Ms Project, se tratan previamente algunos conceptos aclaratorios que pueden servir al lector para su mejor entendimiento de cómo opera internamente el software utilizado, para luego pasar a la técnica de generación de línea base propiamente tal. (El equipo de soporte, fue compuesto por tres expertos en sistemas)

Conceptos en Project y generación de curva S de línea base

Microsoft Project utiliza una serie de definiciones para su operación que es necesario conocer para poder entender su funcionamiento, a continuación se describen las más relevantes y se revisa un problema habitual con las duraciones en los cronogramas realizados en esta herramienta. Luego se explica el procedimiento necesario para generar la curva S de la línea base.

Concepto de Recursos

En MS Project 2003 los recursos pueden ser sólo de dos tipos horas hombre y material.²⁵ Las actividades también tienen una tipología específica y dependiendo del tipo de tarea²⁶ Ms Project 2003 realiza diversos cálculos que inciden en la duración, unidades asignadas o trabajo asociados a las actividades del proyecto.

Concepto de Trabajo

Para el software el trabajo es una unidad temporal de esfuerzo, es decir la cantidad de horas hombre que un recurso o recursos humanos emplearán para complementar una tarea dada una capacidad laboral predefinida.

²⁵ Versiones más recientes de MS Project incluyen el recurso costos que intenta resolver este problema.

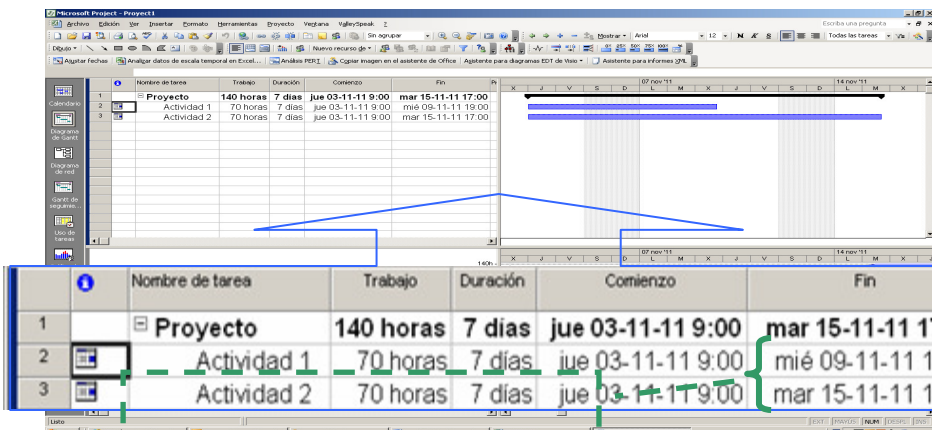
²⁶ Ms Project clasifica las actividades en Duración Fija, Trabajo Fijo ó Unidades Fijas esta clasificación es relevante al analizar el comportamiento del software al momento de calcular la duración de las actividades.

Concepto de Duración

Respecto de la duración de las actividades, en Ms Project 2003 no se considera la duración como cronológica, es más bien un campo calculado producto de la ponderación del trabajo asignado por las unidades de trabajadores condicionadas a la capacidad máxima de los recursos, que es determinada en un calendario de trabajo laboral. En síntesis el campo duración representa el periodo de tiempo total que los trabajadores asignados demorarían teóricamente en terminar una tarea.

Posibles Complicaciones Operativas

Estas definiciones poco intuitivas, hacen que se encuentren aparentes contradicciones como la que se aprecia en el ejemplo de la ilustración N° 11, que representan un problema para quien planifica con esta herramienta.



	Nombre de tarea	Trabajo	Duración	Comienzo	Fin
1	Proyecto	140 horas	7 días	jue 03-11-11 9:00	mar 15-11-11 17:00
2	Actividad 1	70 horas	7 días	jue 03-11-11 9:00	mié 09-11-11 19:00
3	Actividad 2	70 horas	7 días	jue 03-11-11 9:00	mar 15-11-11 17:00

Efectos del cálculo automático de duración de MS Project: 2 Actividades que se inician el mismo día y tienen una duración de 7 días.
Pero NO terminan el mismo día.

Ilustración 13 MS Project 2003 Aparentes Contradicciones. (Fuente: elaboración propia)

El algoritmo de cálculo del Software utiliza la siguiente fórmula para el cálculo de la duración (laboral) de una actividad.

Duración (en días laborales) = Horas Hombre de trabajo/unidades de asignación o capacidad.

Luego la duración cronológica se ajusta a la capacidad máxima definida por el calendario de trabajo que se este usando en la actividad o en el recurso.

Si el calendario de trabajo es “más pequeño” que la capacidad máxima diaria de los recursos programados, la duración en días laborales “sobrantes” se calza o prorratea en días cronológicos adyacentes, pero no se contabilizan como duración cronológica ya que en realidad el software considera que la duración será de X de días laborales distribuidos en una cantidad Y de días cronológicos, relación que dependerá del calendario de trabajo.

Esta dificultad puede complicar la programación y obtención de líneas bases ponderadas por horas hombre de forma oportuna en proyectos de gran tamaño.²⁷

Generación acelerada de línea base de un proyecto

Para evitar desfases en el cálculo del valor planeado y simplificar el proceso de generación de la curva S se requiere usar un criterio distinto a los que el software proporciona. Esto se logra declarando en Ms Project el recurso horas hombre no como del tipo trabajo, sino como recurso de tipo material. De esta forma se impide a MS Project 2003 que re calcule las duraciones de las tareas en base a calendarios de trabajo aplicando criterios de esfuerzo.

Distribución temporal

²⁷ Si se quisieran utilizar las formulas nativas de Ms Project 2003 para la generación de la línea base es necesario definir las actividades como de tipo trabajo fijo y cambiar los calendarios de trabajo de los recursos para que estos coincidan con las duraciones deseadas.

Para obtener la línea base mediante el software Ms Project es necesario:

1. Balancear el cronograma por restricciones de sobre asignación
2. Definir las actividades a incorporar en el análisis
3. Definir el campo de avance acumulado
4. Definir el periodo del análisis
5. Escoger formato de salida a Excel
6. Analizar consistencia de la curva S
7. Generar el panel de control en Excel y el template de reporting

Paso 1 Generación de la línea base balanceo de recursos

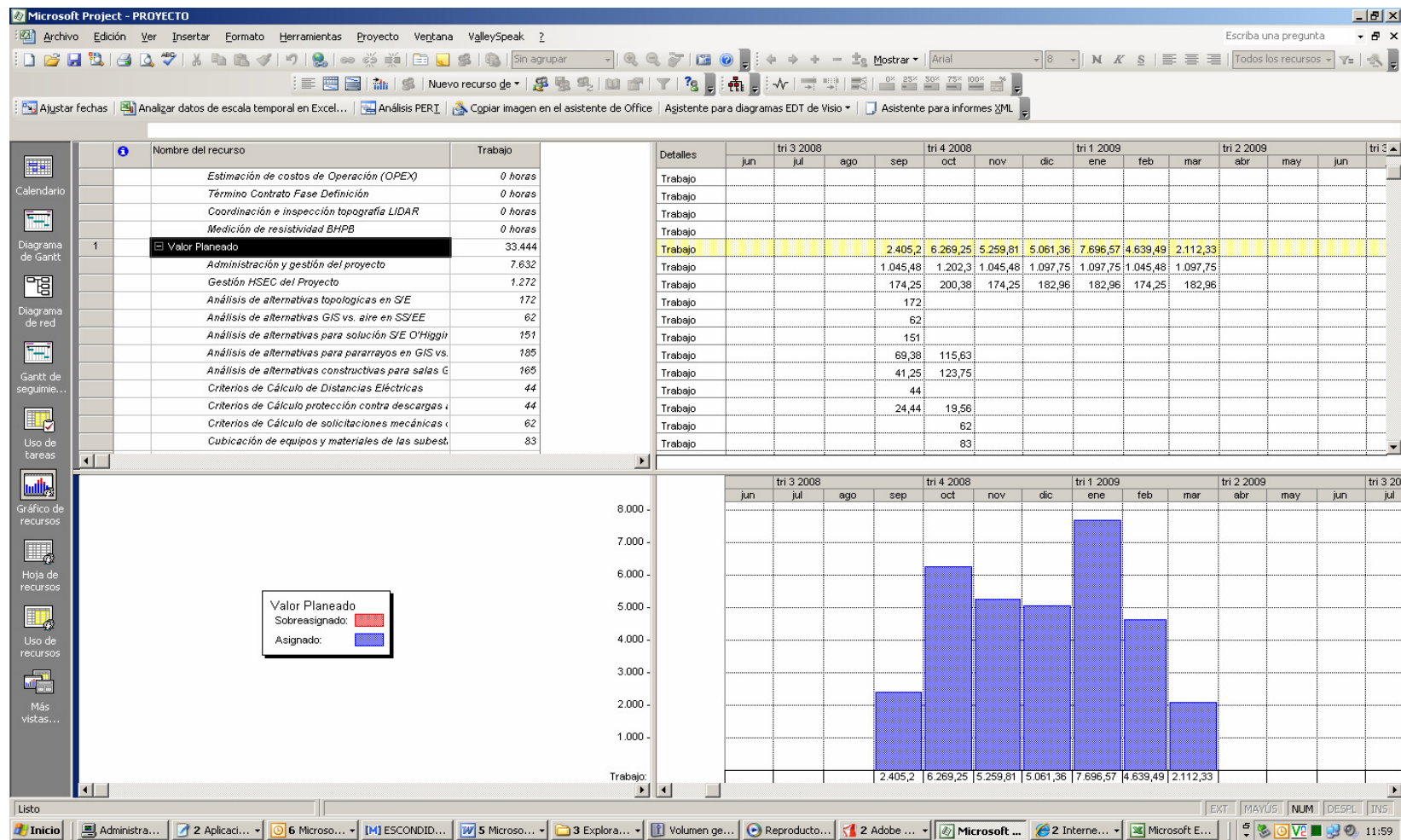


Ilustración 14 Ms Project Paso 1, generación de línea base. (Fuente: elaboración propia)

Paso 2 Generación de la línea base, definir actividades del análisis

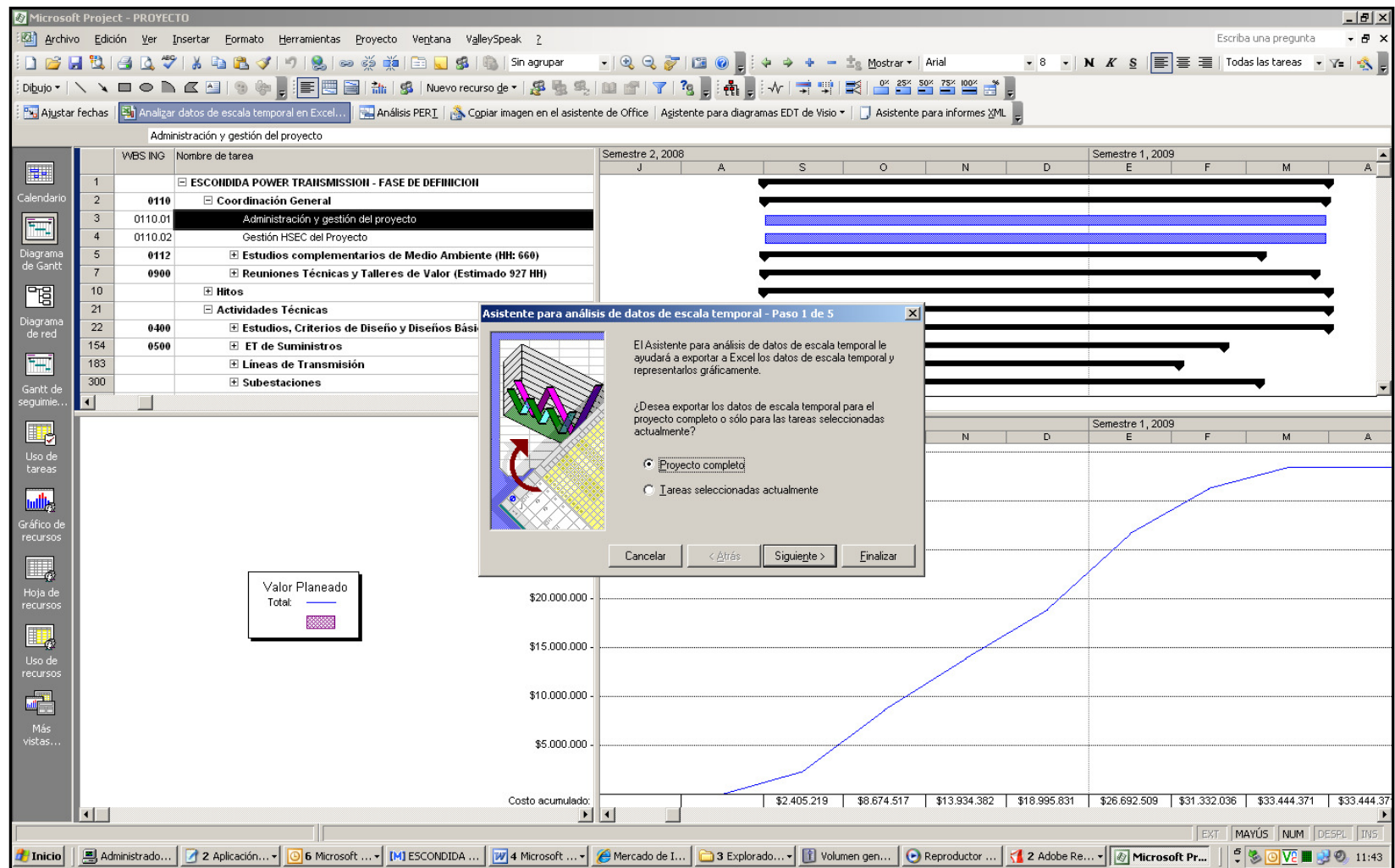


Ilustración 15 Ms Project Paso 2, generación de línea base. (Fuente: elaboración propia)

Paso 3 Generación de la línea base, definir el campo avance acumulado

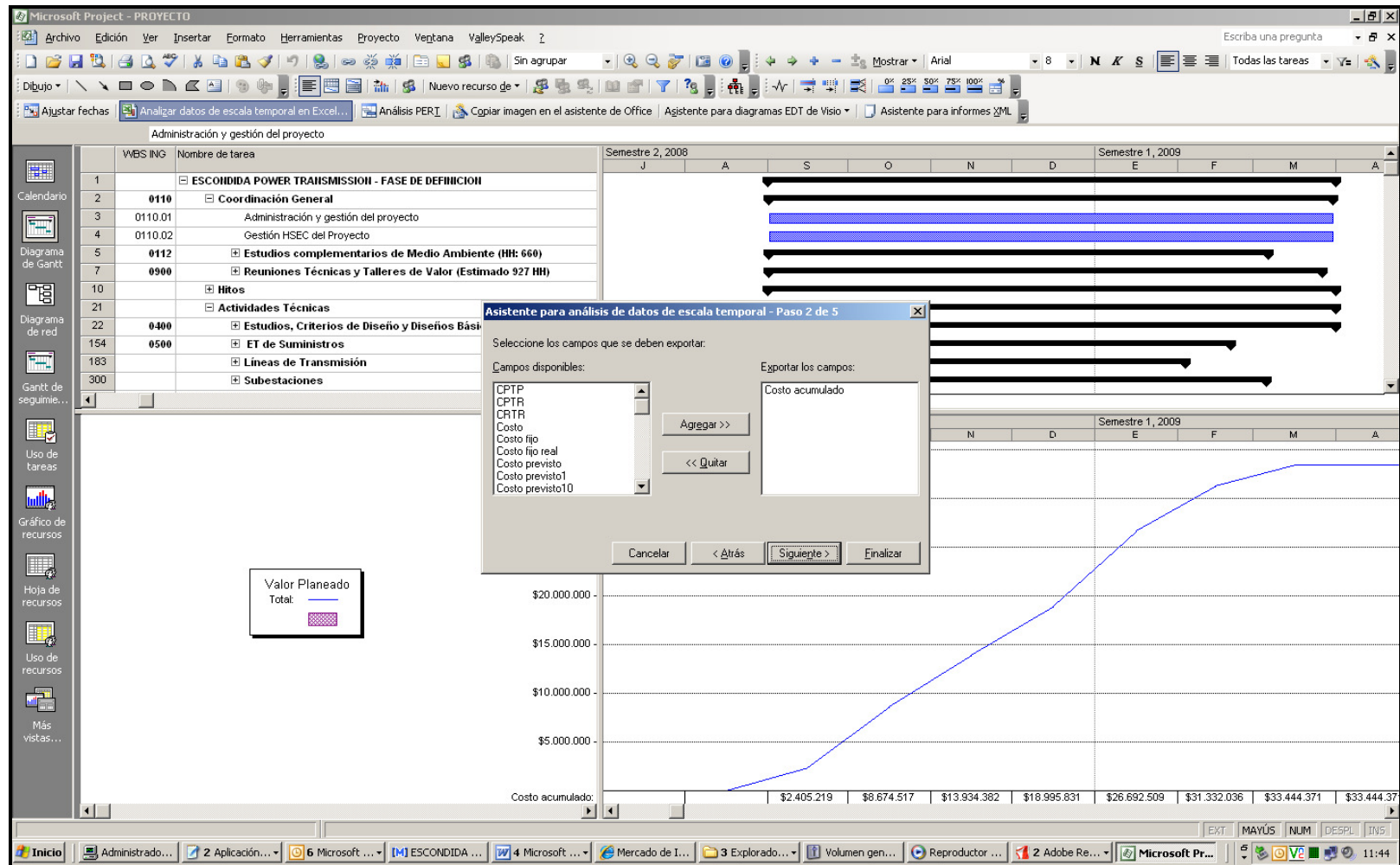


Ilustración 16 Ms Project Paso 3, generación de línea base. . (Fuente: elaboración propia)

Paso 4 Generación de la línea base, definir el periodo de análisis

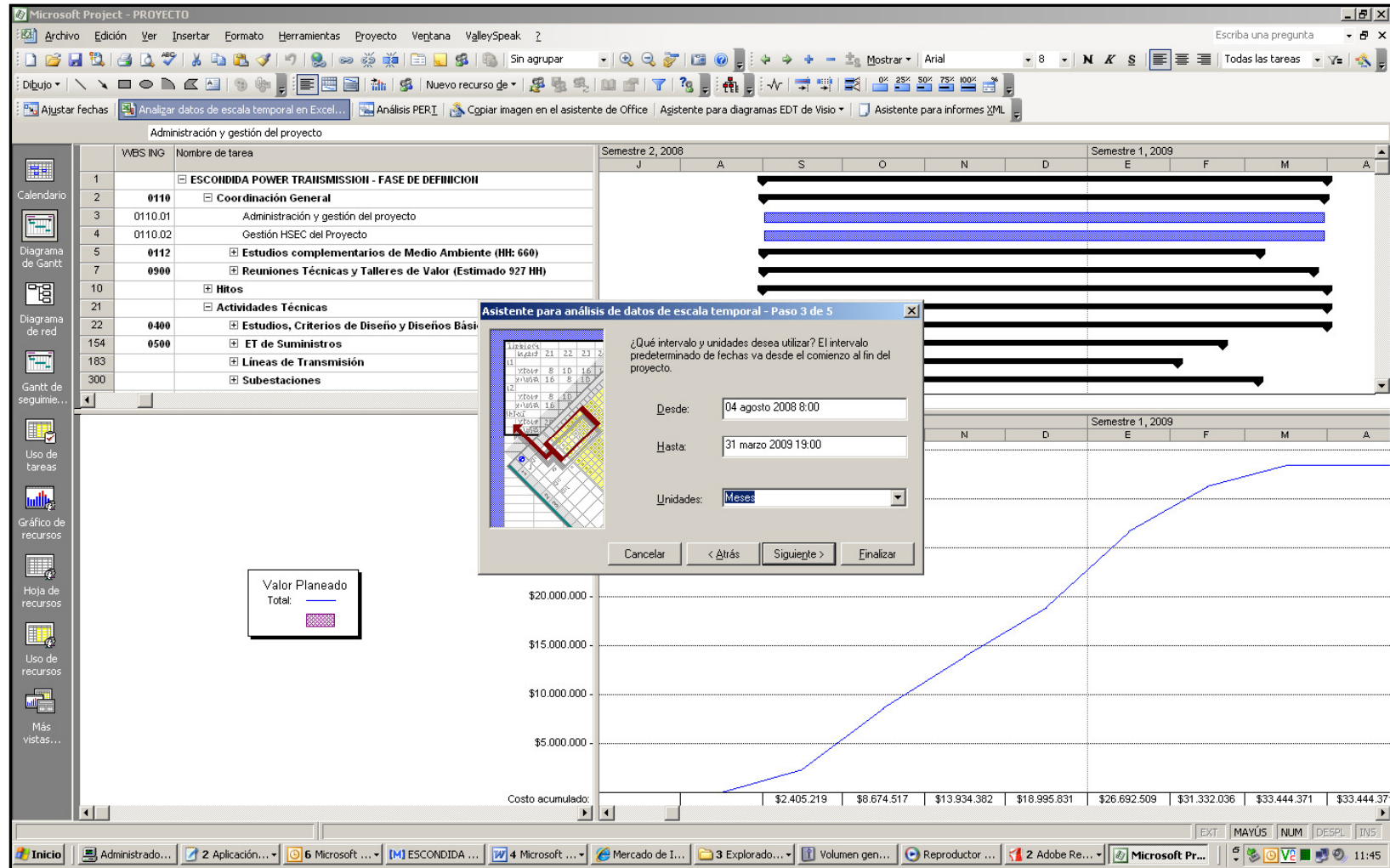


Ilustración 17 Ms Project Paso 4, generación de línea base. . (Fuente: elaboración propia)

Paso 5 Generación de la línea base, definir formato en Excel

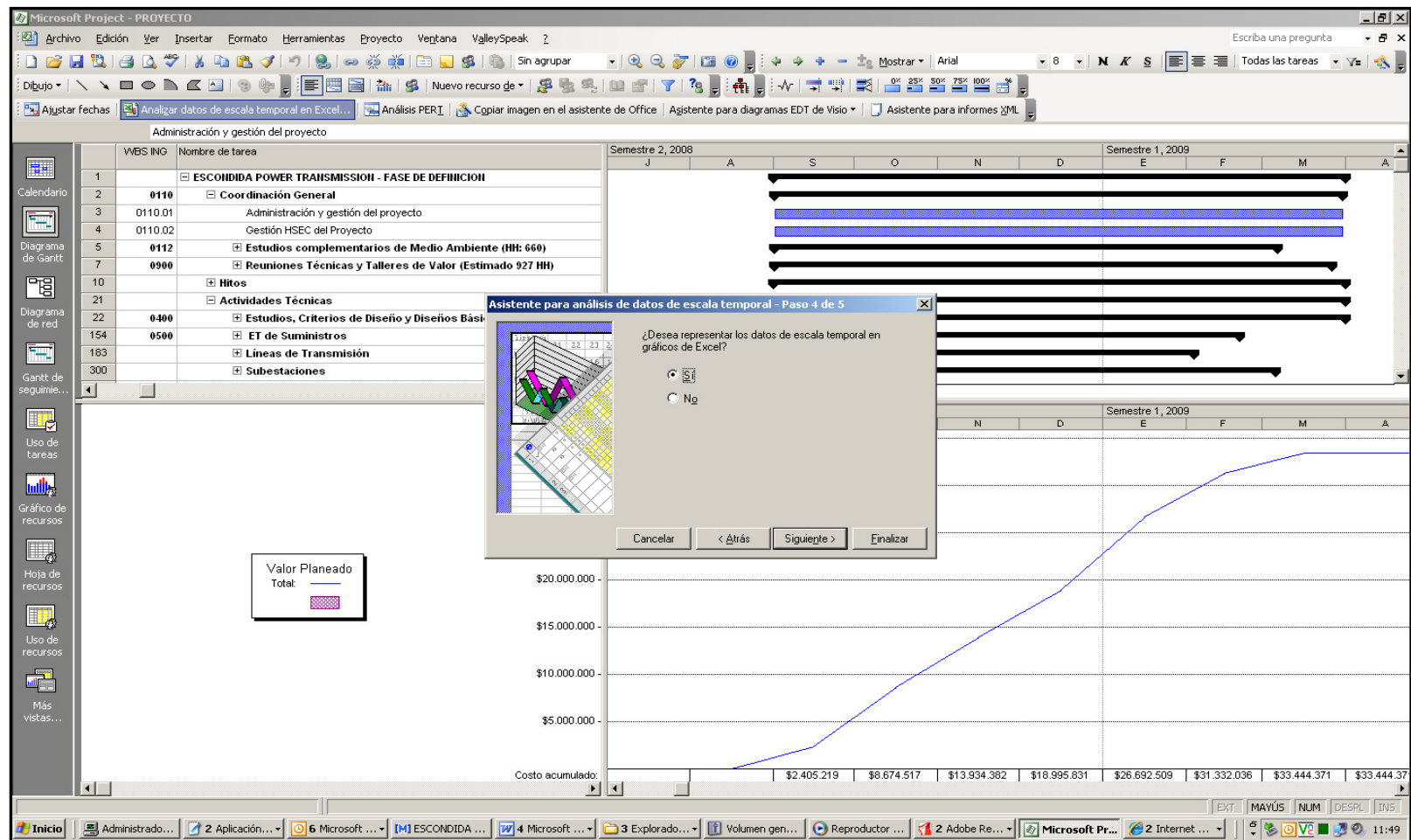


Ilustración 18 Ms Project Paso 5, generación de línea base. (Fuente: elaboración propia)

Paso 6 Generación de la línea base analizar consistencia curva S

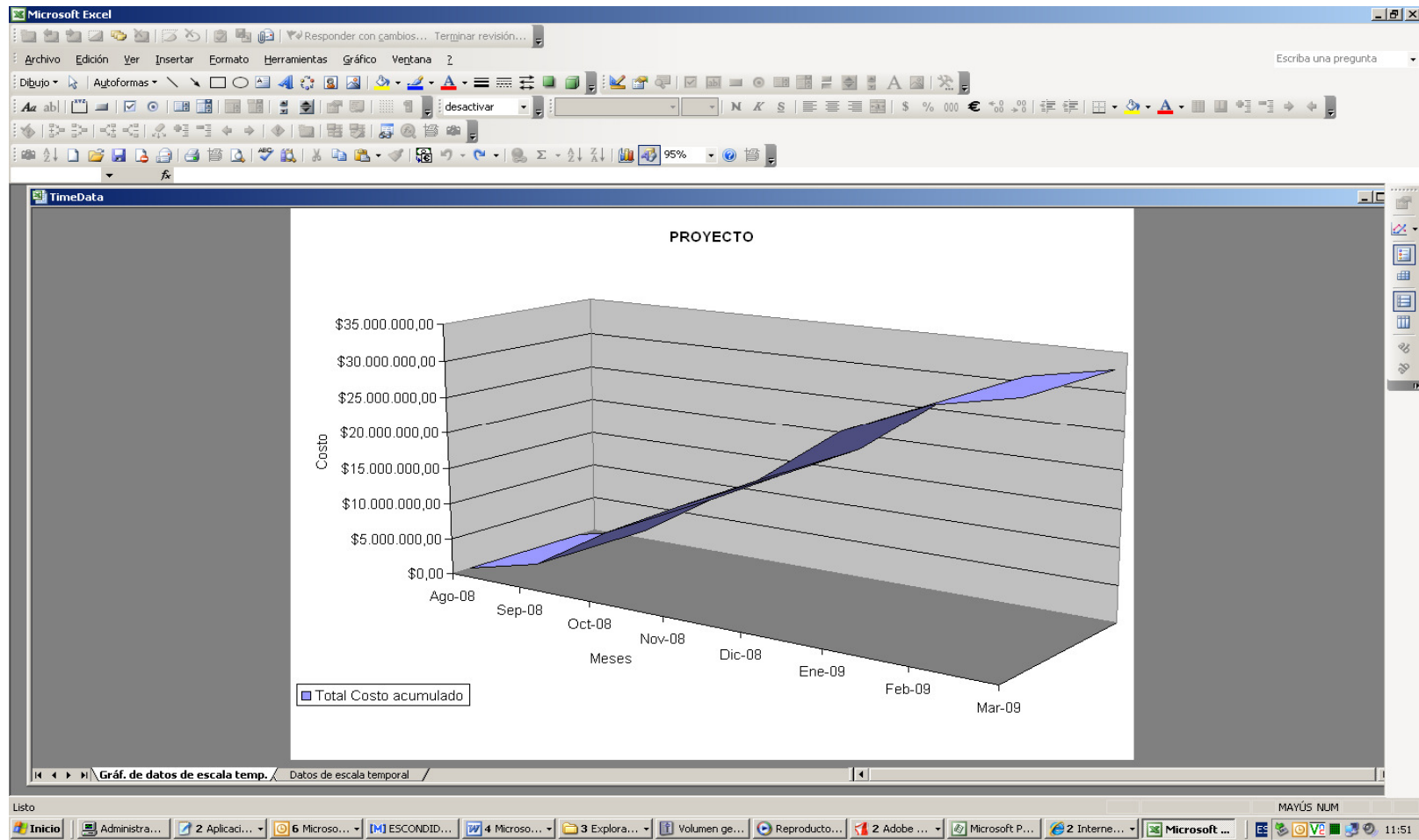


Ilustración 19 Ms Project Paso 6, generación de línea base. (Fuente: elaboración propia)

12 ANEXO 7 LINEA BASE Y CONTROL DE CAMBIOS

Línea Base

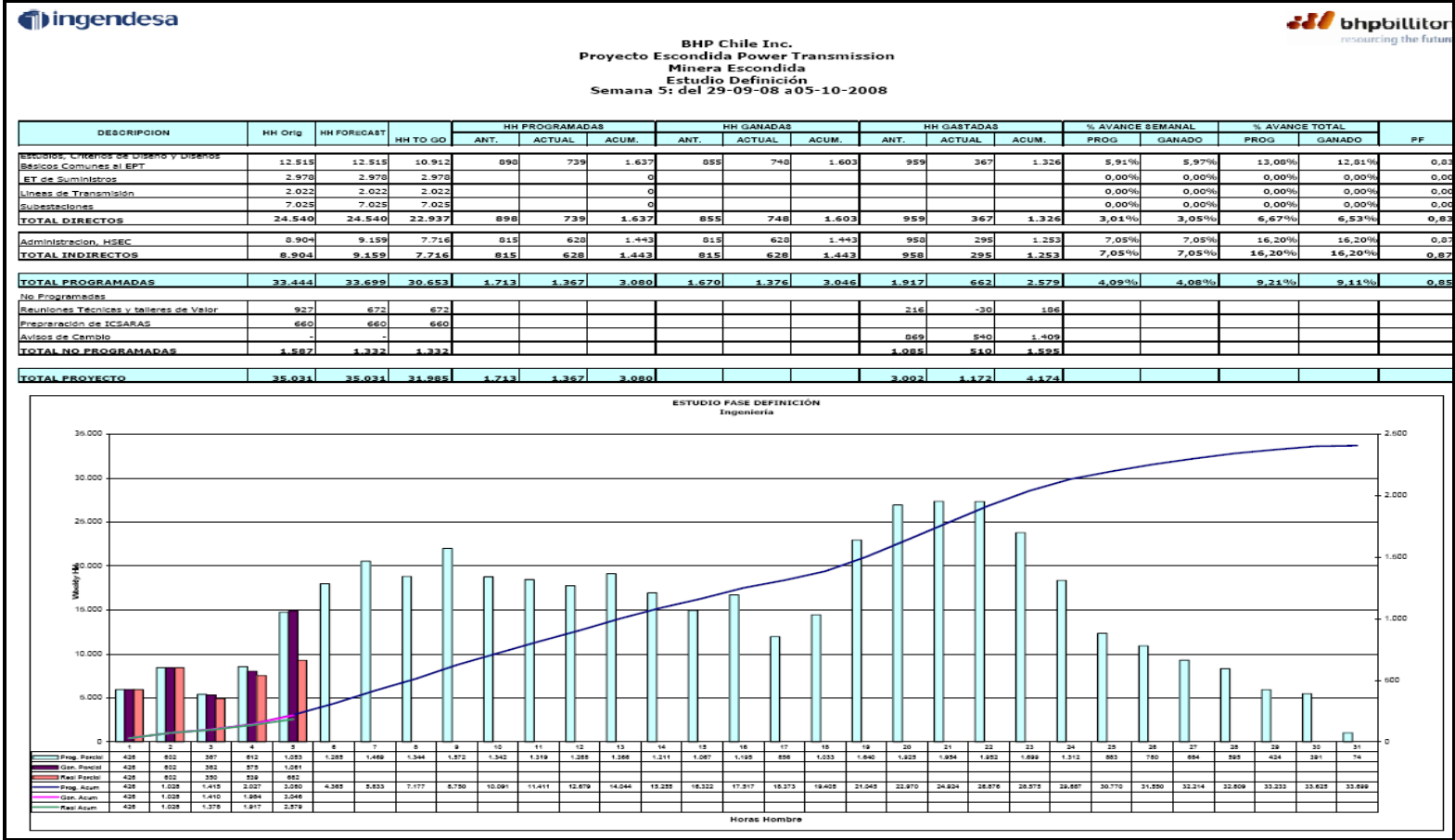
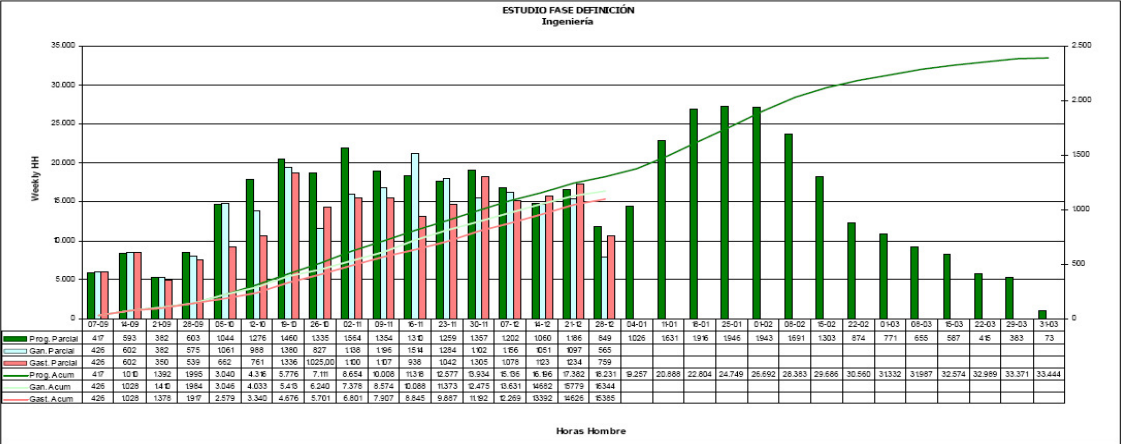


Ilustración 20 Ms Excel Paso 7, Resultado final de la generación de línea base. . (Fuente: elaboración propia)

Actualización Línea Base por acción de un cambio



Curva de Avance

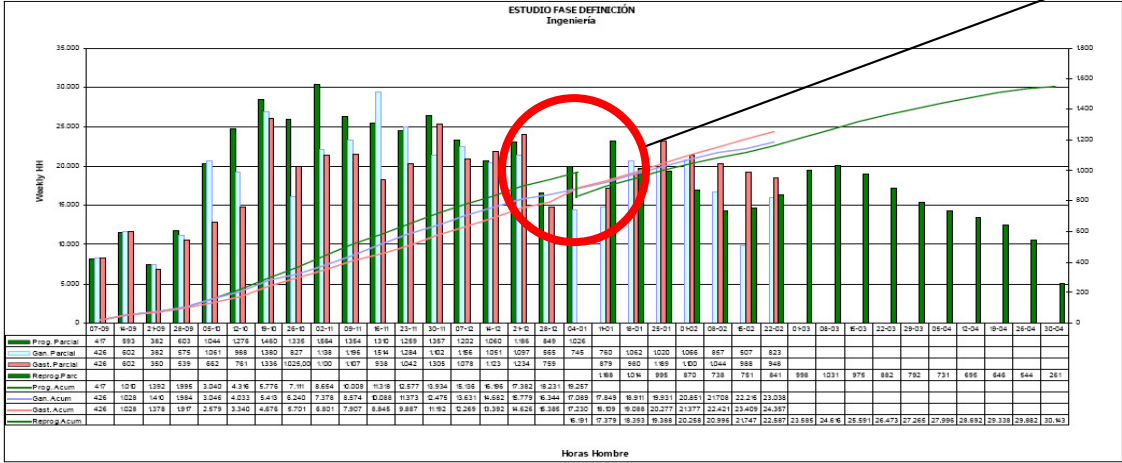


Ilustración 21 Efectos en curva S por cambio de línea base. (Fuente: elaboración propia)

DESCRIPCION	HH Orig
Estudios, Criterios de Diseño y Diseños Básicos Comunes al EPT	12.515
ET de Suministros	2.978
Líneas de Transmisión	2.022
Subestaciones	7.025
TOTAL DIRECTOS	24.540
Administración, HSEC	8.904
TOTAL INDIRECTOS	8.904
TOTAL EN PROGRAMA	33.444
No Programadas	
Reuniones Técnicas y talleres de Valor	927
Preparación de ICSARAS	660
Avisos de Cambio	-
TOTAL NO PROGRAMADAS	1.587
TOTAL PROYECTO	35.031

En esta página se puede apreciar el efecto de un cambio formalizado en la línea base.

Se produce un efecto “peldaño” cuando cambia la base de ponderación. Este proceso es formal y no implica revisar avances ya informados

Ante este evento se hace necesario homologar las bases de medición y pago.

DESCRIPCION	HH REP
Estudios, Criterios de Diseño y Diseños Básicos Comunes al EPT	8.752
ET de Suministros	2.891
Líneas de Transmisión	1.566
Subestaciones	2.900
Avisos de Cambios Ejecutados	2.044
Avisos de Cambios en Ejecución	692
Proyecto MEL	1.835
TOTAL DIRECTOS	20.680
Administración, HSEC	9.463
TOTAL INDIRECTOS	9.463
TOTAL EN PROGRAMA	30.143
No Programadas	
Reuniones Técnicas y talleres de Valor	927
Preparación de ICSARAS	660
Horas Selección y/o desarrollo de Ingeniería	
TOTAL NO PROGRAMADAS	1.587
TOTAL PROYECTO	31.730

13 ANEXO 8 CRECIMIENTO DE CERTIFICACION PMP, EL MUNDO Y CHILE

Crecimiento en Años Recientes Certificación PMP

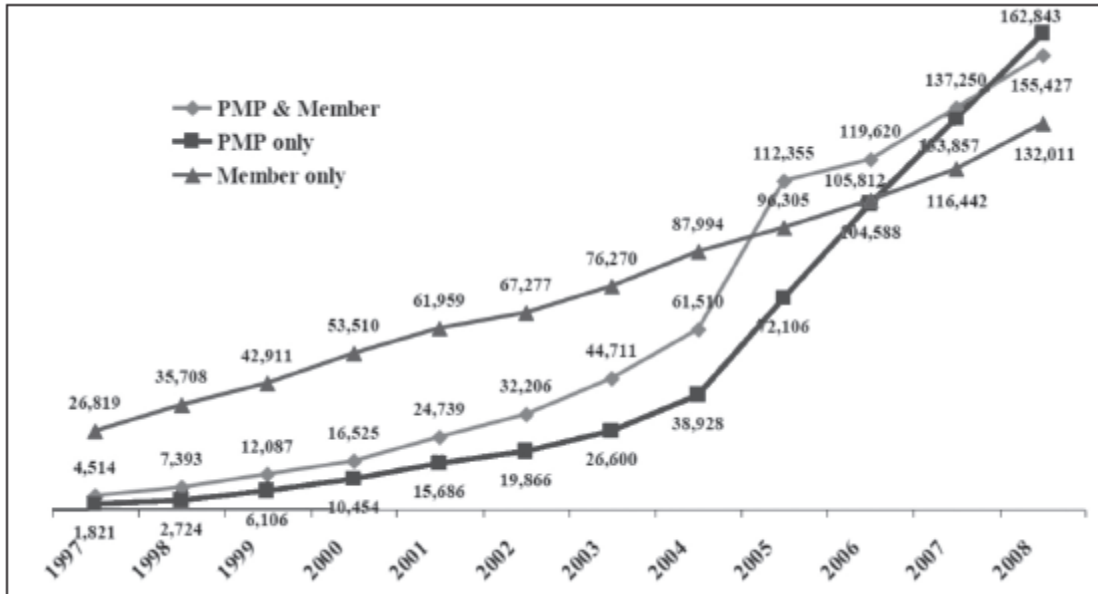


Ilustración 22 Crecimiento de Certificaciones PMP, (Fuente www.pmi.org)

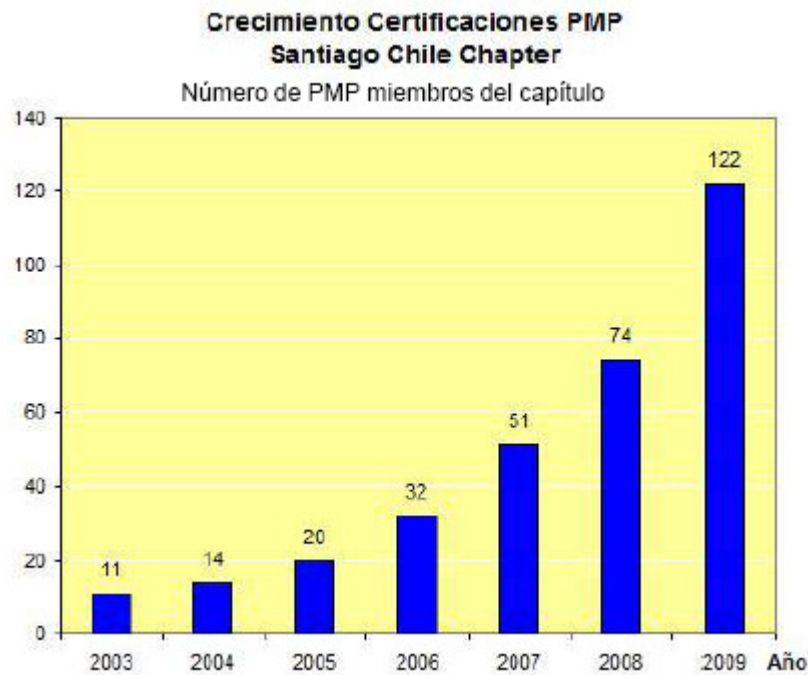


Ilustración 23 Crecimiento de Certificaciones PMP en Chile, (Fuente Memoria PMI Chile 2010)