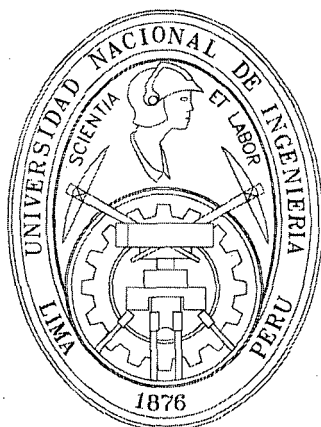


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



"MODELO DE GESTION DE RIESGOS PARA  
PROYECTOS DE CONSTRUCCION EN EL PERU"

## **TESIS**

Para optar el Título Profesional de :

**INGENIERO CIVIL**

**WILLY RAFAEL VILCHEZ CHUMAN**

Lima - Perú  
2006

**Digitalizado por:**

Consortio Digital del  
Conocimiento MebLatam,  
Hemisferio y Dalse

Este pequeño aporte está dedicado  
a todos los peruanos de "espíritu emprendedor"  
los que ya sea por su juventud  
o por sus convicciones personales  
luchan día a día por un país mejor.

© 2006, Universidad Nacional de Ingeniería. Todos los derechos reservados.  
El autor autoriza a la UNI a reproducir la tesis en su totalidad o en parte, con  
fines estrictamente académicos.

A mis queridos padres, Willy y Graciela,  
por su apoyo incondicional  
y por enseñarme desde niño a perseverar  
cuando el camino hacia el éxito es adverso o difícil,  
y a no renunciar a mis metas,  
aún cuando éstas no sean fáciles de alcanzar.

Al Ing. Walter Rodríguez Castillejo,  
asesor de la presente tesis y mi profesor  
en la Facultad de Ingeniería Civil de la UNI,  
sin cuya dirección, generosidad y apoyo  
hubiera sido imposible la realización  
del presente trabajo de investigación.

A todos los profesores de la  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
institución pionera y máxima expresión de la Ingeniería en el Perú.

## INDICE

<b>Indice</b>	<b>3</b>
<b>Resumen</b>	<b>5</b>
<b>Introducción</b>	<b>8</b>
<b>Contenido</b>	<b>9</b>
<b>Capitulo I: La Dirección de Proyectos. ¿Ciencia o Arte?</b>	<b>10</b>
1.1 Los Proyectos.	12
1.2 El ciclo de vida del Proyecto.	22
1.3 El Sistema Objetivos del Proyecto.	26
1.4 La Dirección de Proyectos.	28
1.5 Estructuras organizacionales para la Dirección de Proyectos.	31
1.6 La Dirección de Proyectos de Construcción.	33
1.7 Otras herramientas y teorías para la Dirección de Proyectos.	40
1.8 La Cadena Crítica en la Dirección de Proyectos.	44
<b>Capitulo II: PMBOK Guide. Descripción y crítica a la "Guía a los Fundamentos de la Dirección de Proyectos".</b>	<b>48</b>
2.1 Introducción a la Guía a los Fundamentos de la Dirección de Proyectos.	55
2.2 Los procesos de la Dirección de Proyectos.	57
2.3 Las áreas de conocimiento de la Dirección de Proyectos.	63
2.4 Las áreas de conocimiento adicionales y las extensiones para la Dirección de Proyectos de Construcción.	66

2.5 Las herramientas de la Guía del PMBOK aplicables a los proyectos de construcción.	69
2.6 Crítica a la Guía a los Fundamentos de la Dirección de Proyectos.	78
<b>Capítulo III: La Gestión de Riesgos del Proyecto</b>	99
3.1 Naturaleza de los proyectos	103
3.2 La importancia de la Gestión de Riesgos	105
3.3 Procesos de la Gestión de Riesgos	106
3.4 La Teoría de Monte Carlo	129
3.5 Análisis Cuantitativo de Riesgos en Proyectos	132
<b>Capítulo IV: Aplicación de la metodología de la Gestión de Riesgos al proyecto de construcción del edificio “Malecón Balta”.</b>	134
4.1 Determinación de las variables del modelo	167
4.2 Definición de las características de la simulación	191
4.3 Resultados de la simulación con el software de gestión de riesgos	245
<b>Conclusiones</b>	247
<b>Recomendaciones</b>	251
<b>Bibliografía</b>	254
<b>Anexos</b>	258

## **I) RESUMEN**

En este trabajo de tesis se desarrolla un modelo de gestión de riesgos para los proyectos de construcción en el Perú. Este modelo no pretende ser aplicado directamente a todos los proyectos de construcción en nuestro país, sino servir de ejemplo y guía para futuras adaptaciones y aplicaciones de la metodología de gestión de riesgos a otros tipos de proyectos de construcción.

Las múltiples amenazas y oportunidades a que están sometidos los objetivos de un proyecto de construcción hace imposible que un solo trabajo de investigación abarque el tratamiento de todas las variables de todos los tipos de proyectos constructivos, en las innumerables situaciones y escenarios posibles. Lo que pretende el autor del presente trabajo es mostrar un modelo de gestión de riesgos que abarque los cinco procesos de gestión de riesgos recomendados por el Instituto de Dirección de Proyectos (PMI) y aplicarlos a un proyecto de construcción de una edificación urbana en Lima Metropolitana.

Este modelo de gestión de riesgos y su aplicación a un proyecto de construcción de viviendas en el Perú servirá para mostrar la importancia de aplicar esta metodología de gestión de los riesgos para conseguir una mayor cantidad de proyectos de construcción exitosos y conseguir una mayor rentabilidad de los mismos. También mostrará la necesidad de realizar otros trabajos de investigación en el tema pero aplicados a otros tipos de proyectos constructivos como carreteras, presas, líneas de conducción de agua, túneles, montajes electromecánicos donde los eventos de riesgos tienen un impacto y un tratamiento diferente al manejado en el campo de la construcción de edificaciones urbanas en nuestro país.

El análisis de riesgo del proyecto de construcción en estudio se ha realizado siguiendo la metodología de Gestión de Riesgos del Instituto de Dirección de Proyectos (Project Management Institute - PMI creado en 1969 y cuya sede se encuentra en Philadelphia, Pennsylvania, Estados Unidos) y realizando el análisis cuantitativo de riesgos a través de la Teoría de Monte Carlo, haciendo uso de simulaciones en Excel con la implementación computacional de modelos

estadísticos. El modelo estadístico desarrollado utiliza valores numéricos recomendados por el Instituto de Dirección de Proyectos (PMI) en el documento denominado "Una Guía a los Fundamentos de la Dirección de Proyectos" ("A Guide to the Project Management Body Of Knowledge" – PMBOK Guide).

Este análisis se llevó a cabo con el fin de comprender la complejidad dinámica de los diversos procesos inmersos en nuestro proyecto de construcción, en el entendido que la actividad constructora está sujeta a la incidencia de múltiples factores que pueden introducir diversos impactos en el ciclo de vida de los proyectos. Dichas simulaciones nos permiten estimar con cierto grado de precisión el futuro desempeño del proyecto, que contempla las variables más comunes que inciden en la ejecución de las obras de edificaciones en Lima Metropolitana.

La simulación de Monte Carlo permitirá encontrar la probabilidad de ocurrencia de los eventos resultantes de la interacción de los distintos escenarios y las distintas alternativas y de esta manera cuantificar el riesgo. Con esta información será posible realizar una estimación probabilística bastante precisa del futuro desempeño de nuestro proyecto y tomar decisiones en un entorno de elevada incertidumbre, como es la construcción de edificios de viviendas multifamiliares en Lima Metropolitana.

Además, a lo largo de todo el trabajo de investigación se presentan una serie de herramientas, técnicas, plantillas y metodologías de gestión para hacerle frente a los posibles riesgos inmersos dentro de los proyectos de construcción. Se requiere entender y difundir los conceptos referentes a la gestión de riesgos. Aquellos proyectos de construcción donde se aplican correctamente las metodologías de gestión de riesgos tienen una alta probabilidad de cumplir con los objetivos del proyecto, como se ha demostrado en el presente trabajo de investigación y aplicación, debido a que la administración de la obra podrá enfrentar la incertidumbre y la variabilidad de una obra de una manera proactiva y eficaz.

Dichas metodologías de gestión de riesgos fueron aplicadas a un proyecto de

construcción específico que consistió en la construcción de un edificio multifamiliar de 24 niveles (20 pisos y 4 sótanos) en la ciudad de Lima llamado Edificio Malecón Balta, ubicado en una céntrica zona del distrito de Miraflores. Dicho proyecto, debido a lo apretado del plazo y del presupuesto aceptado por la entidad que financió la ejecución del mismo (Banco Interbank), requirió la aplicación de una serie de herramientas de gestión de proyectos (principalmente en el área de gestión de riesgos) por parte de la empresa encargada de su ejecución: AyG Edificaciones SAC con la finalidad de cumplir con los objetivos preestablecidos y sacar adelante el proyecto.



## II) INTRODUCCION

La definición y la planificación de los proyectos de construcción se sustentan sobre hipótesis y afirmaciones acerca de un futuro altamente incierto, ya que en realidad, todos los proyectos están sujetos a la incidencia de una serie de factores que pueden introducir VARIABILIDAD a lo largo de su ciclo de vida. El elevado nivel de incertidumbre presente en el entorno de los proyectos de construcción afecta el proceso normal de toma de decisiones dentro de una organización.

Es por eso que resulta muy común en nuestro medio observar la reducción de las utilidades generadas por nuestros proyectos de construcción debido a la variación de las suposiciones que sustentaron la aprobación inicial del mismo. Frente a este panorama de incertidumbre y de variabilidad, **es necesario que el administrador del proyecto posea una "ACTITUD PROACTIVA"** que le permita lidiar con el riesgo para poder proteger al proyecto de situaciones adversas al cumplimiento de su sistema de objetivos (calidad, costo y tiempo).

La Gestión de Riesgos de un Proyecto es un subsistema dentro de la Dirección de Proyectos, que incluye los procesos necesarios de identificación, análisis, respuesta y supervisión a los riesgos del proyecto. Esto incluye maximizar las probabilidades y consecuencias de los eventos positivos u oportunidades de nuestro proyecto y minimizar las probabilidades y consecuencias de los eventos adversos o amenazas de nuestro proyecto.

Consiste en los siguientes procesos:

- Planificación de la Gestión de Riesgos
- Identificación de Riesgos
- Análisis Cualitativo de Riesgos
- Análisis Cuantitativo de Riesgos
- Plan de Respuesta a los Riesgos
- Supervisión y Control de Riesgos

## I) CONTENIDO

## **CAPITULO I**

### **La Dirección de Proyectos ¿Ciencia o Arte?**

## Capítulo I: La Dirección de Proyectos. ¿Ciencia o Arte?

En todas las culturas a lo largo de la historia, los proyectos han tenido una singular importancia. Como prueba de esto, existen ejemplos tales como la ciudadela de Machupicchu o la fortaleza de Sacsayhuamán en el Cuzco, las pirámides de Egipto, los grandes canales del Suez, Panamá y Moscú y los proyectos de colaboración conjunta internacional para la exploración del espacio.

Los métodos empleados para planear y ejecutar éstos y muchos otros proyectos a lo largo de la historia han sido, por demás, múltiples y diversos. Sin embargo no fue sino hasta los últimos 50 años, desde la segunda guerra mundial, que se han desarrollado los conceptos modernos y “sistémicos” de la Dirección de Proyectos, así como sus metodologías, prácticas y herramientas. Y hace apenas unos diez años que éstos han empezado a difundirse rápidamente en todas las áreas o industrias, aprovechando al máximo el Internet y la Red Mundial. Prueba de esto, la membresía del Project Management Institute (PMI) ha aumentado de 8,500 en 1990 a 95,000 a mediados del 2002, con 125 capítulos en 39 países y miembros residentes en 119 naciones. Actualmente la membresía del Project Management Institute ha alcanzado la cifra de 200,000 Profesionales en Dirección de Proyectos (PMP) en todo el mundo (2005).

El desarrollo de la Dirección de Proyectos como una profesión recibió el impulso inicial de dos industrias principalmente: la industria militar-aeroespacial y la industria de arquitectura-ingeniería-construcción. Hoy en día, los modernos conceptos de la Dirección de Proyectos se emplean ampliamente en todo tipo de industria, negocio, empresa e institución gubernamental, en todo el planeta.

Debemos entender que la administración empírica, intuitiva y tradicional no provee las bases necesarias para cumplir con éxito los objetivos de un proyecto y debemos recurrir a procedimientos, técnicas y herramientas más efectivas que logren hacer predecibles los resultados en nuestros proyectos.

Es cierto que la Dirección de Proyectos no deja de ser un arte, pero también es

cierto que dejarle la entera responsabilidad de nuestro éxito a la experiencia o a nuestra intuición es un craso error que muchos directores de proyectos han pagado con creces. Y es que en nuestra educación formal como ingenieros se ha dado más importancia a los aspectos técnicos y se dejó el desarrollo de conocimientos y habilidades de dirección de proyectos a la “Escuela de la Vida”. Esto ha generado profesionales que no poseen las herramientas necesarias para realizar su función de balancear el alcance del proyecto con el presupuesto, el tiempo, la calidad y el riesgo, con el objetivo de cumplir las expectativas de sus clientes.

Es muy común encontrar ingenieros con conocimientos técnicos, pero cuando requerimos que sepan plantear, planificar, controlar, liderar, negociar, comunicar, resolver problemas, y hacer que las cosas sucedan, son muy pocos los candidatos que cubren ese perfil.

Es por esto que surge la imperiosa necesidad de difundir las herramientas y metodologías de la Dirección de Proyectos aplicadas como un estándar a nivel mundial, con la finalidad de cooperar con el mundo académico pues actualmente las universidades de élite incorporan en su currícula la Dirección de Proyectos, tanto en los programas de pre-grado, como en los estudios de maestrías y doctorados. La tendencia mundial es administrar por proyectos.

### **1.1) Los Proyectos.**

No existe persona en el mundo que alguna vez no haya participado de un proyecto. Todos los días llevamos a cabo uno o más proyectos, algunos son muy sencillos, otros más complejos y otros de carácter personal. Tenemos proyectos sencillos como planificar un viaje de vacaciones, organizar una fiesta o participar de un campeonato de fútbol. Pero también somos parte de proyectos más complejos como realizar una campaña publicitaria, construir una bocatoma o diseñar los elementos estructurales de un edificio. Por otro lado existen proyectos muy personales como

nuestro proyecto de llegar a ser profesionales o nuestro proyecto de vida.

A lo largo de nuestras vidas, de una u otra manera, los seres humanos estamos relacionados con proyectos. Incluso como ya hemos dicho, nuestra vida ha sido, es y será un proyecto personal, ya sea en nuestro ambiente familiar, en nuestros círculos sociales y académicos o en nuestro fuero interno, en lo más íntimo de nuestro ser.

Existen múltiples y variadas bibliografías que definen lo que es un proyecto. Hay desde definiciones muy rigurosas y técnicas, hasta conceptos muy simples y prácticos que nos dan una idea general de qué es un proyecto.

### **(1) Definición de Proyecto**

Según la definición de David I. Cleland y William R. King, que dan en su obra "System Analysis and Project Management", **proyecto es "la combinación de recursos humanos y no humanos reunidos en una organización temporal para conseguir un propósito determinado"**. Esta definición es bastante completa y entrega tres elementos básicos para la comprensión de lo que es un proyecto. En primer lugar, un proyecto es un conjunto de personas manejando otro tipo de recursos, como recursos económicos y de tiempo, así como los de carácter tecnológico y a veces los ecológicos. Recursos reunidos en una organización temporal, es decir un proyecto tiene un ciclo de vida, tiene un inicio y un fin determinados. Esta característica es importante, porque si un proyecto no estuviera en una organización temporal, si no en una organización que tiende a perpetuarse, estaríamos en el caso de una empresa y no de un proyecto. El tercer elemento a resaltar es que un proyecto persigue un propósito determinado. La obtención de este propósito habrá de encajarse dentro de los fines generales de la empresa o institución que realiza el proyecto.

El PMBOK Guide Edición 2000 define a un proyecto como “un esfuerzo TEMPORAL realizado para crear un producto, un servicio o un resultado ÚNICO”. La característica de temporal ya ha sido explicada líneas arriba. Sin embargo podríamos afirmar que cada proyecto es único porque el producto, servicio o resultado final es diferente de alguna manera que lo distingue de otros productos, servicios o resultados obtenidos anteriormente. Incluso **todo producto o servicio es ÚNICO** aún cuando la categoría a la que pertenece es amplia. Por ejemplo se han construido caminos y carreteras en todo el mundo desde tiempos inmemoriales, sin embargo cada uno de los caminos construidos difieren en muchos aspectos unos de otros como: técnicas constructivas, diseño geométrico, tipo y magnitud del tráfico a servir, materiales e insumos de construcción empleados, tipo de maquinaria, cantidad y nivel de especialización de mano de obra, financiamiento del proyecto, personal técnico y administrativo, plazo de ejecución, clima, ubicación geográfica, población beneficiada, impactos ambientales, etc, etc. Inclusive la presencia de elementos repetitivos y de procesos u operaciones similares (como las que se presentan en edificaciones) tampoco cambia la condición fundamental de único que tiene el trabajo de todo proyecto de construcción.

Un concepto poco convencional - muy clásico en él - nos da el Doctor Eliyahu Goldratt, el afamado consultor de empresas y creador de la Teoría de Restricciones, cuando define un proyecto como “alguna iniciativa compleja que para poder manejarla, la gente necesita dibujar una imagen de lo que deben de hacer”. Estos tipos de gráficas son: el diagrama de bloques de los diversos pasos que deben realizarse para poder lograr el objetivo, mostrando cuáles deben ser en forma consecutiva y cuáles en paralelo; el otro es una gráfica de tiempo que nos muestra cuándo debe comenzar y cuándo terminar cada actividad. El primero de estos diagramas es el diagrama PERT (diagrama de bloques), mientras que el segundo es el muy conocido Diagrama Gantt (diagrama de barras).

Las gráficas GANTT, a diferencia de los diagramas PERT, implican decisiones que hay que tomar, es decir, la decisión del planificador de cuándo comenzar cada operación del proyecto.

## **(2) Los Ingenieros y los Proyectos**

Existe consenso en que el siglo XXI nos ofrecerá, a los ingenieros, nuevos y mayores retos que cualquier otra época de la humanidad.

El enfrentar con éxito estos retos requiere, además de conocimientos técnicos, voluntad, determinación y esfuerzo de organización, dos variables adicionales: estructuras y enfoque. La Dirección de Proyectos es una metodología probada para enfrentar retos y lograr objetivos, sean éstos grandes o pequeños.

La Dirección de Proyectos bien aplicada provee la organización estructural necesaria y ayuda a conducir al equipo del proyecto a lograr sus objetivos. Por estas razones en el futuro veremos un incremento en el uso de la Dirección de Proyectos para lograr los objetivos estratégicos de las organizaciones.

Un proyecto puede definirse como la asignación de recursos dirigidos hacia un objetivo específico siguiendo un método planificado. Todas las personas, empresas privadas y agencias gubernamentales ejecutan su trabajo principal como proyectos. Ellos son la base de la supervivencia de las empresas y la sociedad. Profesionales, empresas o países sin proyectos colectivos, decaen.

La Dirección de Proyectos es la ciencia y el arte de dirigir y coordinar el talento humano y los recursos materiales para lograr objetivos previamente fijados, dentro de parámetros de costo, calidad y tiempo.



La Ingeniería ha evolucionado a lo largo del tiempo, la concepción que se ha tenido de los ingenieros civiles está en proceso de cambio; en el pasado se tenía en cuenta a los profesionales de la ingeniería solo para realizar labores técnicas específicas como diseños estructurales, hidráulicos, de vías, de suelos, etc.

El concepto de que los ingenieros producían tecnología pero no la controlaban ni la dirigían, los destinaba a labores netamente técnicas pasando a segundo plano las labores gerenciales y administrativas, en las cuales los ingenieros hemos venido incursionando pero no de manera mayoritaria y participativa, desplazando estas funciones o restándoles importancia. De aquí el concepto de las especialidades o la interdisciplinariedad de un profesional en donde en muchos casos los administrativos presentan deficiencias en labores técnicas y viceversa.

A través del tiempo los criterios son cambiantes y la ingeniería ha tomado otro rumbo y otra forma totalmente distinta, la gerencia y dirección de proyectos se convierte en una de las más importantes funciones y herramientas de la ingeniería.

El Director de Proyectos debe tener unas características y cualidades muy especiales que le permitan manejar personas de distintos perfiles, con conocimientos en los distintos campos de la ingeniería, la administración, las finanzas, el derecho, etc. de forma multidisciplinaria y efectiva.

La principal labor del director de un proyecto es la de optimizar todos los recursos humanos, técnicos y financieros hacia unas metas específicas de costo, tiempo y calidad, de manera que la interacción correcta de todos estos componentes la convierte en una labor en la cual no se puede dar cabida a equivocaciones, para así asegurar el éxito de un proyecto. El manejo y direccionamiento del conocimiento, los recursos y la mano se obra se convierten en una labor bastante

compleja.

La complejidad en la dirección de un proyecto no radica en determinar la integral triple a una superficie volumétrica, en resolver modelos matriciales complicados o identificar las dimensiones de un sistema de cimentación, sus funciones trascienden estos aspectos técnicos y van más allá, se concentra en manejar, controlar, dirigir y motivar el recurso más importante en todo proyecto, sin el cual sería imposible su realización: el TALENTO HUMANO.

Un ingrediente que no se ha mencionado aun, y de vital importancia, que diferencia a una persona con un enfoque técnico y otro gerencial son las cualidades intrínsecas que debe tener un director de proyectos entre las cuales debe sobresalir el liderazgo, la buena interacción con las demás personas, alta capacidad para comunicarse, dirigir, tomar decisiones, sintetizar información y delegar responsabilidades de manera efectiva; además de unas cualidades humanas y personales que deben ser alentadoras y motivadoras para que todos los miembros del equipo cumplan con su labor de la mejor manera, sin olvidar que el director del proyecto debe manejar los conceptos técnicos de un gran número de especialidades para darles su correcta dirección y supervisión, así como el dominio de conceptos administrativos, financieros, legales y económicos indispensables para el desarrollo de su proyecto.

### **(3) Los Proyectos de Construcción**

Un proyecto de construcción tiene ciertas características similares a proyectos de otras industrias de producción o proyectos que buscan cubrir otro tipo de necesidades, sin embargo todo proyecto de construcción tiene ciertos rasgos muy marcados que lo distinguen de todos los demás tipos de proyectos:

**(a) Producto único**

Un proyecto de construcción (llámese una obra) es única por las distintas necesidades o prioridades del cliente, por su ubicación y su medio circundante, y por los diferentes puntos de vista de los profesionales encargados del diseño arquitectónico e ingenieril que le dan funcionalidad, estética, seguridad y economía a la infraestructura y que solucionen los problemas específicos que se puedan presentar. Esta característica que varía de una obra a otra, se centra en lo que respecta a la forma de la infraestructura en particular. Los materiales, estructuración, procedimientos constructivos, componentes y habilidades necesarias son usualmente las mismas o similares. Desde el punto de vista del constructor podríamos decir que existe una continuidad y repetición en lo que a actividades respecta.

Así que debe de resaltarse que los problemas asociados con la naturaleza única de las obras afecta únicamente ciertos procesos en cualquier proyecto.

**(b) Producción "in situ" (producción centralizada)**

La producción en la construcción se caracteriza por lo siguiente: el flujo espacial de los equipos de trabajo tiene que ser coordinado (a diferencia de la industria manufacturera, en donde solo se programa el flujo de materiales a través de las estaciones de trabajo).

**(c) Multiorganización temporal**

La organización de un proyecto de construcción es usualmente una organización temporal diseñada y ensamblada con el propósito de llevar a cabo una obra en particular. Esta organización se constituye

de diferentes empresas y prácticas de las mismas, las cuales no han trabajado necesariamente juntas en el pasado, y que se vinculan a través de arreglos contractuales.

Esta característica de los proyectos de construcción por lo general trae problemas de comunicación entre las distintas partes involucradas.

#### **(d) Intervención de autoridades reguladoras**

Aquí, es preciso mencionar también que de acuerdo al lugar donde se lleva a cabo la obra se tiene restricciones en cuanto a horarios de trabajo, métodos constructivos, utilización de espacios comunes y espacios públicos, etc. Así como la obtención de permisos especiales tales como ocupar veredas y exceder horarios normales de trabajo.

#### **(e) Restricciones físicas de la Producción en la Construcción**

Las restricciones físicas en un proyecto de construcción se pueden clasificar en dos tipos: restricciones espaciales y restricciones técnicas.

#### **(f) Restricciones políticas**

Las restricciones políticas pueden ser de dos tipos:

- **Restricciones Externas.-** Tales como los sindicatos de trabajadores, los gremios de desempleados y las regulaciones municipales o problemas con los vecinos debido al ruido o al deterioro de la propiedad.
- **Restricciones Internas.-** Como por ejemplo normas o reglamentos de una empresa en particular. Muchas empresas constructoras en Perú (especialmente las que trabajan en

ambientes mineros) poseen manuales de seguridad de obras de construcción el cual regula el accionar de todos los trabajadores, incluso de los subcontratistas y personas que transita cerca de la planta de trabajo o que tienen que ingresar por alguna razón dentro de la obra (supervisores, proveedores, potenciales clientes, etc).

#### **(4) Tipos de Proyectos de Construcción**

En el sector construcción en el Perú se han optado por diversos tipos de proyectos, que según las características de su alcance pueden clasificarse en:

##### **(i) Proyectos de Ingeniería, Procura y Construcción**

Estos proyectos contemplan como parte de su alcance el desarrollo de la ingeniería a nivel básico y detallado, según sea el caso, la procura de todas las entradas requeridas para la realización del proyecto; así como, la construcción incluyendo la etapa de pruebas inherentes a la comprobación de la performance del producto del proyecto.

##### **(ii) Proyectos de Ingeniería, Procura, Construcción y Gerencia**

Estos proyectos contemplan la gerencia de todo el proyecto como tema adicional a los proyectos de Ingeniería, Procura y Construcción. Normalmente se incluye la etapa de pruebas inherentes a la comprobación de la performance del producto del proyecto. Es rol del responsable lograr que el resultado del proyecto responda a la necesidad que dio origen al proyecto de construcción.

##### **(iii) Proyectos de ejecución o de construcción**

Aquéllos que tienen como objeto y alcance la ejecución de los proyectos, es decir, la etapa de construcción. Los suministros requeridos para el proyecto son parte del alcance. Normalmente se incluye la etapa de pruebas inherentes a la comprobación de la performance del producto del proyecto. Es rol del responsable lograr que el resultado del proyecto responda a la necesidad que dio origen al proyecto de construcción.

**(iv) Proyectos de desarrollo de ingeniería**

Aquéllos que tienen como objeto y alcance el desarrollo de la ingeniería básica y detallada. Normalmente se incluye la etapa de pruebas inherentes a la comprobación de la performance del producto del proyecto.

**(v) Proyectos de supervisión**

Aquéllos que tienen como objeto y alcance el proceso de seguimiento de la ejecución del proyecto, según el tipo de proyecto definido en la relación contractual. Es rol de la supervisión lograr que el resultado del proyecto responda a la necesidad que dio origen al proyecto de construcción.

**(vi) Proyectos de ingeniería, procura, construcción, operación y mantenimiento**

Estos proyectos contemplan el desarrollo de ingeniería, la procura de todas las entradas requeridas para la realización del proyecto; así como, la construcción incluyendo la etapa de pruebas inherentes a la comprobación de la performance del producto del proyecto. Adicionalmente, tienen previsto la operación y mantenimiento del producto del proyecto normalmente durante un

número determinado de años. Es rol del responsable lograr que el resultado del proyecto responda a la necesidad que dio origen al proyecto de construcción.

**(vii) Proyecto Fast Track.**

Proyecto en el cual las fases de diseño, procura y construcción se ejecutan en forma simultánea. El diseño de ingeniería del proyecto de construcción es desarrollado como una fase casi paralela a la procura y construcción, este tipo de proyectos requiere de una mayor capacidad de gestión por parte del equipo del proyecto.

**(viii) Otros tipos de proyectos de construcción**

Cualquier otra combinación de los tipos de proyectos indicados anteriormente constituye un proyecto para el sector construcción.

**1.2) El ciclo de vida del Proyecto.**

Todo proyecto de ingeniería tiene unos fines ligados a la obtención de un producto, proceso o servicio que es necesario generar a través de diversas actividades. Algunas de estas actividades pueden agruparse en fases porque globalmente contribuyen a obtener un producto intermedio, necesario para continuar hacia el producto final y facilitar la gestión del proyecto. Al conjunto de las fases empleadas se le denomina "ciclo de vida".

Sin embargo, la forma de agrupar las actividades, los objetivos de cada fase, los tipos de productos intermedios que se generan, etc. pueden ser muy diferentes dependiendo del tipo de producto o proceso a generar y de las tecnologías empleadas.

La complejidad de las relaciones entre las distintas actividades crece exponencialmente con el tamaño del proyecto, con lo que rápidamente se haría inabordable si no fuera por la vieja táctica de “divide y vencerás”. De esta forma la división de los proyectos en fases sucesivas es un primer paso para la reducción de su complejidad, tratándose de escoger las partes de manera que sus relaciones entre sí sean lo más simples posibles.

La definición de un ciclo de vida facilita el control sobre los tiempos en que es necesario aplicar recursos de todo tipo (personal, equipos, suministros, etc.) al proyecto. Si el proyecto incluye subcontratación de partes a otras organizaciones, el control del trabajo subcontratado se facilita en la medida en que esas partes encajen bien en la estructura de las fases. El control de calidad también se ve facilitado si la separación entre fases se hace corresponder con puntos en los que ésta deba verificarse (mediante comprobaciones sobre los productos parciales obtenidos).

De la misma forma, la práctica acumulada en el diseño de modelos de ciclo de vida para situaciones muy diversas permite que nos beneficiemos de la experiencia adquirida utilizando el enfoque que mejor se adapte a nuestros requerimientos.

A continuación se presenta en la figura 1.1 un esquema donde se puede visualizar el nivel de actividad o esfuerzo humano en cada una de las fases principales a lo largo del ciclo de vida de un proyecto de construcción en particular, en este caso, de un proyecto inmobiliario.



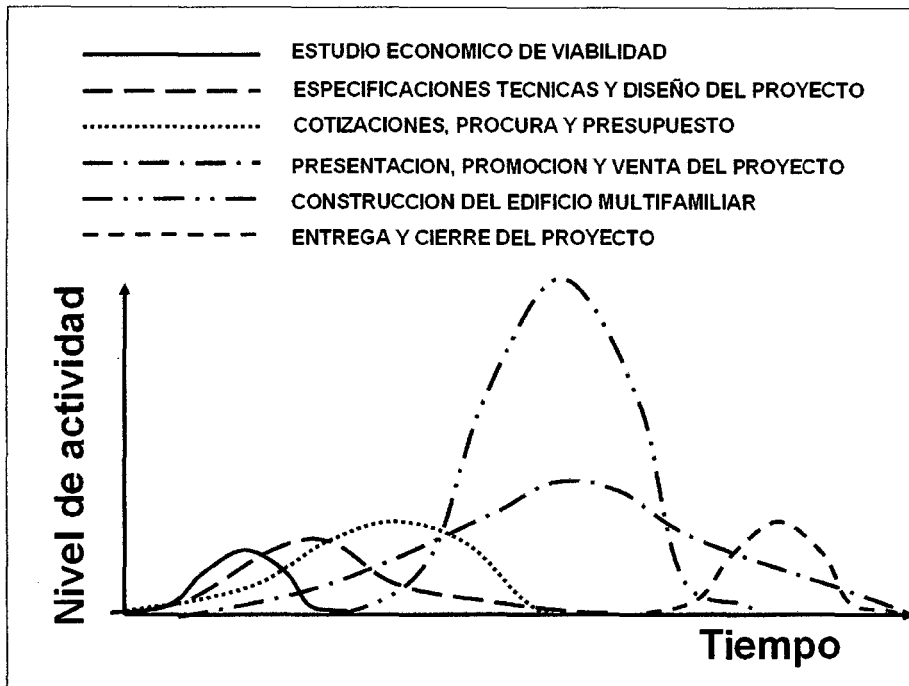


Figura 1.1. Ciclo de vida de un proyecto inmobiliario.

La descripción anterior se refiere a las fases principales de un proyecto inmobiliario.

La Guía a los Fundamentos de la Dirección de Proyectos (PMBOK Guide Edición 2000) define 5 procesos fundamentales en el ciclo de vida de cualquier proyecto. Hay que tomar en cuenta que estos 5 procesos son una idealización y generalización de las etapas fundamentales en que estructura y desarrolla cualquier tipo de proyecto y por lo tanto no describe los procesos propios e imprescindibles de cada tipo de proyecto en particular. Estos cinco procesos comunes a cualquier tipo de proyecto son los siguientes:

- Inicio
- Planificación
- Ejecución
- Control
- Cierre

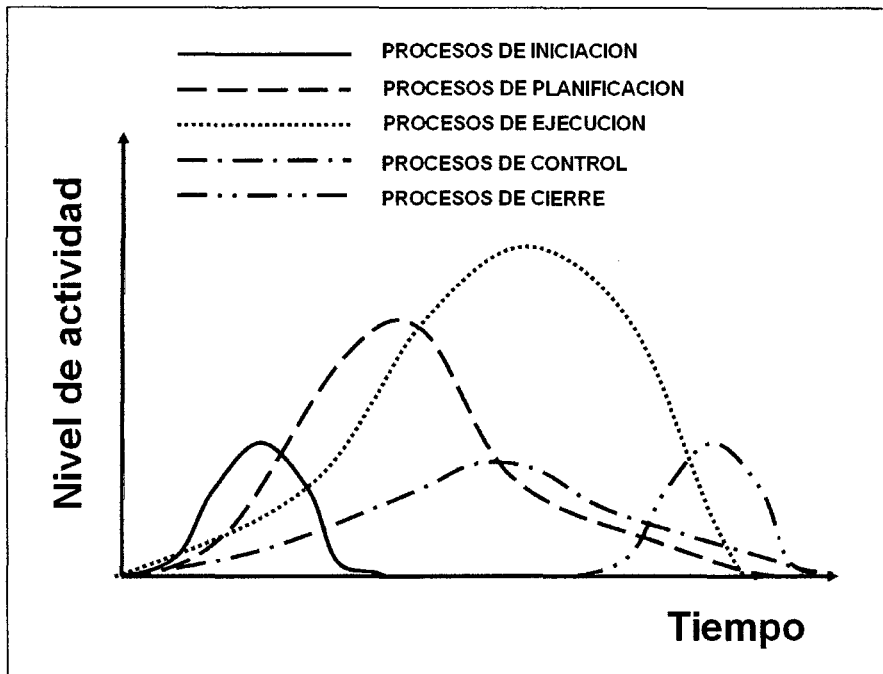
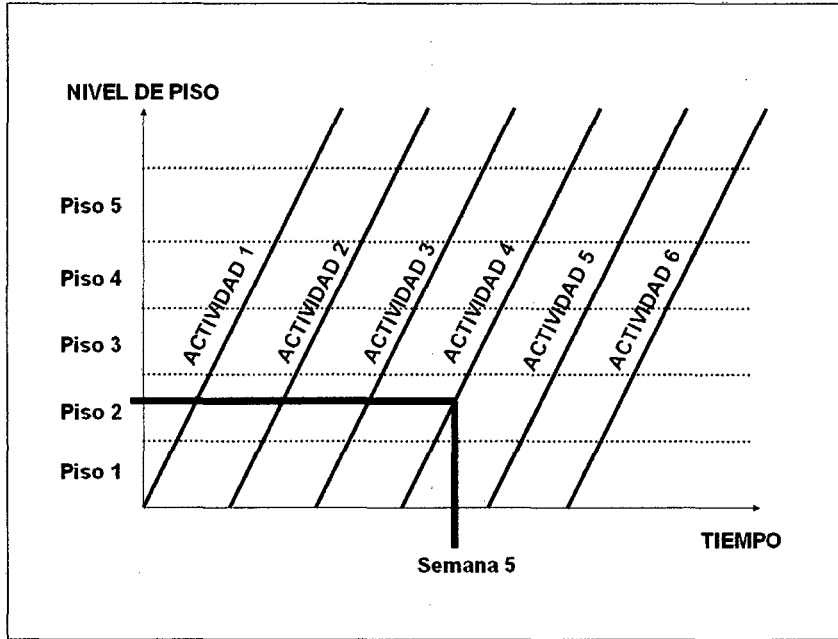


Figura 1.2. Grupo de procesos en la Dirección de Proyectos.  
FUENTE: PMBOK Guide. Edición 2000.

Según la idealización sistémica propuesta por el PMI en la "Guía a los fundamentos de la Dirección de Proyectos" los subprocesos propios de cada etapa en particular también puede ser estructurada según estas cinco fases: inicio, planificación, ejecución, control y cierre. Lo mismo ocurre con las actividades que conforman estos subprocesos.

Una de las técnicas de programación del ciclo de vida de un proyecto de construcción, es mediante LOS CICLOGRAMAS, que son gráficas que constan de dos ejes: el eje horizontal indica el tiempo de ejecución del proyecto y el eje vertical indica la posición donde actualmente se encuentra desarrollando determinada actividad constructiva (número de piso). Dentro de los ejes se grafica una línea diagonal que representa cada proceso constructivo que relaciona el número de piso donde se encuentra la cuadrilla de construcción y el tiempo en que se realiza dicha actividad.



**Figura 1.3. Modelo de ciclograma para una edificación de 5 niveles.**  
**FUENTE: “An exploration towards a production theory and its application to construction”, Lauri Koskela (Año 2000).**

El ciclograma de la figura 1.3 nos indica que durante la Semana 5 se estará realizando la Actividad 4 en el Piso 2. Estos ciclogramas son muy usados en distintos tipos de proyectos de construcción, especialmente en obras lineales, como carreteras y líneas de conducción de agua, aunque también se usa muy comúnmente en obras de edificaciones.

### 1.3) El Sistema Objetivos del Proyecto

Recordemos que un proyecto es “la combinación de recursos humanos y no humanos reunidos en una organización temporal con el fin de lograr un propósito determinado” (“System Analysis and Project Management”, Cleland y King). Esto quiere decir que dicha combinación nace debido a la necesidad de cumplir un objetivo. En realidad no se trata de un solo objetivo, sino que nos estamos refiriendo a satisfacer muchos propósitos que conforman un sistema de objetivos, es decir, todos los fines que persigue el proyecto se encuentran relacionados entre sí y la variación en

el cumplimiento de cualquier elemento de este sistema de objetivos, tiene una influencia determinante en la consecución de los demás propósitos del proyecto.

Cada objetivo será variable a lo largo de la vida del proyecto y su variación tendrá como límites los vértices de cada lado del triángulo; el objetivo global del proyecto –para dicha configuración– será un punto interior del triángulo que estaría definido por las tres coordenadas correspondientes al coste, al plazo y a la calidad; así como los objetivos podrían quedar representados mediante este diagrama triangular. Característica muy importante es que, el objetivo global del proyecto no corresponde a un fijo y determinado ya que cambia con el tiempo, esto es, según el grado de avance o fase de vida del proyecto, en función de las características del entorno del proyecto, así como de su propia realidad y de los recursos que se dispongan. Debido a estos cambios, a lo largo del ciclo de vida, los objetivos constituyen un sistema dinámico.

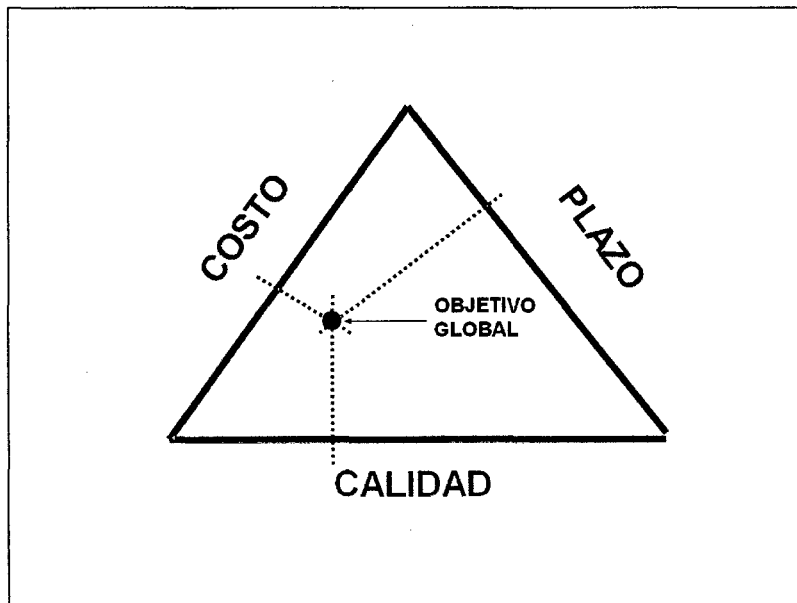
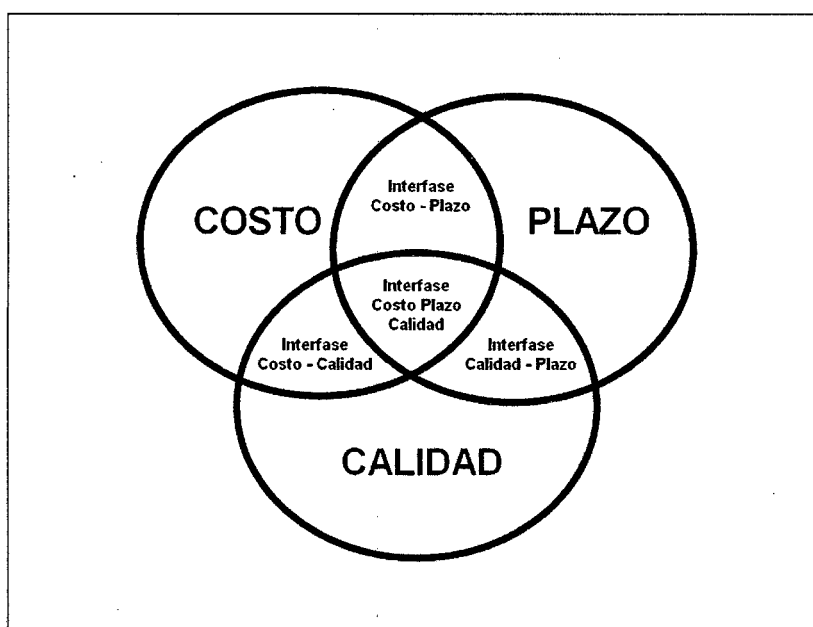


Figura 1.4. Interdependencia de los objetivos de un proyecto de construcción. FUENTE: "Dirección Integrada de Proyectos", Rafael de Heredia (Año 1999).

Cada objetivo constituye un subsistema (del sistema configuración), que da

lugar a interfases entre ellos. Las interfases que se producen significan que los tres objetivos que corresponden a todo proyecto de construcción están relacionados y que además son inseparables, la alteración de cualquiera de ellos afecta a los otros dos. Por otra parte hay que tener en cuenta, que estos objetivos referentes a calidad, costo y plazo de ejecución, hay que determinarlos en alguna de las fases del proyecto. Igualmente, que si se altera la configuración que constituye el entorno del sistema formado por estos tres objetivos, estos, forzosamente, variarán también, como lo hemos visto en los ejemplos anteriores, analizando las variaciones en el costo, plazo de ejecución y características técnicas del proyecto de construcción.



**Figura 1.5. Sistema de objetivos de un proyecto de construcción y sus respectivas interfases. FUENTE: “Dirección Integrada de Proyectos”, Rafael de Heredia (Año 1999).**

#### 1.4) La Dirección de Proyectos.

##### (1) Evolución histórica de la Dirección de Proyectos

La Dirección de Proyectos, también conocida como Gerencia de

Proyectos, es un campo que ha adquirido gran importancia en la práctica de la Administración moderna. Los proyectos, como ya hemos visto, son un eficaz mecanismo mediante el cual las organizaciones pueden crecer y alcanzar sus objetivos estratégicos. Su efectividad, cuando son gestionados correctamente, radica en la posibilidad de concentrar esfuerzos y recursos desde diversas áreas, con el objeto de lograr objetivos concretos, superando los procesos rutinarios de la organización.

El desarrollo de la gestión de proyectos ha sido continuo. En el período de la segunda post-guerra se desarrollan los gráficos de barras, las redes, el PERT, el CPM y se consolidan las estructuras del trabajo utilizando las teorías de la Administración Científica de la Escuela Clásica (Taylor, Fayol, etc.). A finales de la década de los 60 aparece el cuadro lógico, aplicado a proyectos de desarrollo internacional. La década de los 70 es escenario de los grandes avances de la computación y de los sistemas de información. En los años 80 y 90 el énfasis se da en los recursos humanos y asistimos al auge de los denominados proyectos blandos y aquéllos de carácter social.

Los proyectos pueden concebirse a nivel global como parte del plan estratégico de la organización, o a nivel específico de cada unidad o departamento para alcanzar sus objetivos particulares, articulados con la planificación global. Su aplicabilidad va desde las áreas administrativas hasta las técnicas, como es demostrado en este estudio, dependiendo de los resultados o productos que se necesite generar.

## **(2) La importancia de la Dirección de Proyectos**

Parece innegable que la "Dirección de proyectos" constituye uno de los modelos de administración cada vez más adecuado para las organizaciones de nuestros días.

La popularidad actual del término "Proyecto" no es fruto del azar, ni de una moda pasajera o accidental en un mundo tan cambiante como el nuestro. Olvidamos que determinadas formas de consumo y de dirección, que tenían su razón de ser hace 50 años, hoy en día ya no son viables. Si hubo un tiempo en que la mayoría de las actividades de una empresa eran actividades sin originalidad, normalizadas y más bien rutinarias, el contexto complejo y dinámico actual ha transformado considerablemente esta forma de organización. El lugar creciente que ocupan los proyectos dentro de las empresas sigue incrementándose.

Las metodologías desarrolladas para la gestión y dirección de proyectos, en un pasado no muy lejano, eran las defendidas por Henri Fayol (1916) y su papel esencial consistía en vigilar y verificar. Estas metodologías se siguen empleando en las organizaciones para realizar los proyectos. La complejidad creciente de estos últimos y, sobre todo, la naturaleza misma de todo proyecto, que es un proceso dinámico limitado en el tiempo, hacen que los gestores o directores de proyectos se parezcan cada vez más a aquellos viajeros que intentan desesperadamente subir a un tren, cargados de maletas, de documentos e información.

Por ello, la gestión y dirección de proyectos es la forma de dirección cada vez más apropiada y utilizada. Sin embargo, para que llegue a ser una forma de dirección verdaderamente eficaz, es necesario que los directores, jefes, administradores, coordinadores o miembros de equipos de proyectos conozcan y comprendan qué es y cómo se practica. Dotándose de proyectos y realizándolos es como las empresas innovan, conciben, desarrollan o, dicho de otro modo, se adaptan o evolucionan.

La gestión y dirección de proyectos integra esas actividades en un conjunto coherente cuyo objeto es llevar una idea o un proyecto desde

su fase conceptual hasta la de su desarrollo y, finalmente, a una ejecución exitosa. En esta panorámica, la gestión y dirección de proyectos se define en el amplio sentido de la palabra, y se aplica indistintamente en la construcción de un máquina o de un hospital, al desarrollo de un producto nuevo o a la realización de una obra cinematográfica o teatral.

Antes de definir el término proyecto, enumeremos algunas de las características más usuales de cualquier proyecto:

- Todo proyecto es una tarea específica y limitada por llevar a cabo.
- Todo proyecto tiene un inicio y un fin. No es una tarea repetitiva.
- Todo proyecto es, a menudo, una apertura, una ampliación, una reubicación, una introducción de un nuevo producto, una modificación tecnológica, un cambio de la política comercial de la empresa o una orden excepcional referente a la dirección de la empresa.

Bajo la denominación de "Dirección de proyectos" en inglés, "project management", se designan **“los métodos y las técnicas creadas para la concepción y el análisis en la conducción de actividades temporales, no repetitivas, desarrolladas bajo plazos muy apretados de tiempo, en que se ven implicados recursos escasos y limitados.”** (Declerck, 1980; Olsen; 1981). El modelo ideal de la realización de un proyecto sería el que se realiza respetando los plazos, con una calidad y presupuesto adecuados. Para conseguirlo con éxito, la experiencia enseña que el director o el jefe de proyecto debe ser competente en los aspectos técnicos de la dirección. Por lo tanto la labor de un Director de Proyecto eficaz es saber adelantarse a los problemas que se puedan suscitar durante la ejecución del proyecto, adoptando una “actitud proactiva” por medio de la adecuada



planificación y predicción de los acontecimientos que podrían surgir a lo largo del proyecto.

Radica aquí la importancia de la Gestión de Riesgos de los Proyectos, tema central del presente trabajo de investigación y que será tratado al detalle en el Capítulo III: Gestión de Riesgos del Proyecto.

### **1.5) Estructuras organizacionales para la Dirección de Proyectos.**

La estructura organizacional dentro de la Dirección de Proyectos se convierte en fundamental para llevar a cabo todos los procesos de inicio, planificación, ejecución, control y cierre de todo tipo de proyecto.

La estructura organizacional determina las pautas que restringen la disponibilidad y el uso de los recursos humanos y no humanos dentro del proyecto. Las estructuras de la organización pueden ser caracterizadas dentro de un espectro que va desde funcional, por servicios administrativos hasta matricial, pasando por una variedad de estructuras mixtas que surgen de la mezcla de las características de los tres tipos fundamentales.

Sin embargo existen estructuras que apoyan la cultura de la dirección del proyecto y otras que la obstaculizan. Por lo tanto, en la segunda parte de esta sección se incluyen recomendaciones prácticas para ayudar al equipo de proyecto encargado del proyecto de construcción para capitalizar las ventajas y controlar o minimizar las desventajas de la estructura organizacional con que se hizo frente este proyecto.

Algunas de las estrategias utilizadas para mitigar los riesgos y capitalizar las oportunidades de la estructura organizacional se mencionan a continuación:

- Una de las alternativas para organizaciones funcionales es buscar el

apoyo de la empresa mediante la creación de una oficina de proyectos temporal, con la autoridad y responsabilidad requerida. Es decir que en la empresa ubiquemos en el mismo lugar los integrantes principales del equipo del proyecto. Este se refuerza más al identificarse con el proyecto y sus objetivos para cumplir con la misión propia del mismo. Además facilita que el equipo establezca estándares y procedimientos para el manejo profesional del proyecto.

- Lograr el compromiso por escrito de los gerentes funcionales respecto a la asignación de recursos, la toma de decisiones, etc.
- Recomendamos que el gerente del proyecto cuente con la responsabilidad y autoridad requeridas y que los encargados de los departamentos funcionales (abastecimientos, costos, ingeniería, construcción, etc) provean servicios al equipo de gerencia, el cual será responsable de integrar todas las áreas desde el inicio al fin.
- Complementar la evaluación del gerente funcional integrando factores de resultados exitosos de proyectos donde requerimos de su apoyo.
- Adaptar y aplicar una metodología común de acuerdo con las necesidades de la empresa y darla a conocer a todos los involucrados, así generaremos orden, motivando al staff funcional a comprometerse con los proyectos.
- Integrar al personal especializado como asesor técnico aportando su experiencia y habilidades y seleccionar al gerente del proyecto en función a conocimiento y habilidades propias de la administración profesional de proyectos (liderazgo, comunicación, solución de conflictos, hacer que las cosas sucedan e integración).
- Desarrollar conocimientos y habilidades de su personal técnico con potencial e interés por crecer en la especialidad de administración de

proyectos.

- Apoyarse en empresas especializadas en administración profesional de proyectos para complementar habilidades, conocimientos y contar con recursos humanos capacitados. Las empresas profesionales de administración de proyectos ofrecen servicios que se adaptan a las necesidades de manejo de proyectos de sus clientes.
- Estimar en su planeación los riesgos provenientes tanto de los retos del tipo de estructura organizacional, como por no capitalizar las ventajas y oportunidades provenientes de la forma en que nuestro proyecto está siendo organizado.

#### **1.6) La Dirección de Proyectos de Construcción.**

Los últimos 20 años se han caracterizado por ser una era de constantes cambios tecnológicos. La mayoría de industrias de producción han rediseñado su tecnología, mejorado sus métodos informáticos y creado nuevas técnicas de gestión que les ha permitido conseguir un mejoramiento continuo y sostenible. Sin embargo, a pesar que año a año aparecen nuevos y modernos equipos y materiales de construcción en el mercado peruano, nuestra industria de la construcción no ha participado del mismo mejoramiento tecnológico que sí han experimentado otras industrias.

Es necesario que el sector de la construcción acceda a técnicas modernas de gestión que le permitan avanzar en conjunto. Para lograrlo, deben de integrarse y aplicarse teorías y técnicas procedentes de otros sectores productivos, siempre basándose en la racionalización de los procesos, desde la fabricación de los materiales y su transporte a obra, pasando por el proceso de almacenamiento de insumos, flujo interno de información, mano de obra, equipos y materiales, hasta los procesos mismos de

ejecución de los trabajos y montaje de componentes en obra, evolucionando hasta la industrialización de todo el proceso constructivo.

Cuando nos referimos a la palabra "industrialización" no sólo nos estamos refiriendo a producción a gran escala y utilización de insumos prefabricados, sino a la utilización de métodos industriales para la planificación, ejecución y control de la producción en nuestras obras.

La construcción es la industria de producción más inusual que existe, ya que posee una serie de características intrínsecas que la diferencian de cualquier otro tipo de actividad productiva. Entre estas características distintivas de la construcción tenemos:

- Existe un flujo espacial tanto de los materiales de construcción como de los equipos de trabajo que ejecutan la obra, por lo que se requiere un esfuerzo de programación y coordinación adicional para llevar a cabo cada uno de los procesos constructivos, a diferencia de los procesos de producción industriales convencionales, en que lo único que se programa son los materiales ya que las estaciones de trabajo y los operarios permanecen estáticos.
- La decisiva influencia del clima y el medio ambiente circundante que determina el tipo de procedimiento constructivo a llevar a cabo ya que la mayoría de los trabajos de construcción de infraestructura se realizan al aire libre, mientras que los trabajos de producción manufacturera se realizan por lo general en instalaciones industriales cerradas que aíslan a los trabajadores y la maquinaria del medio ambiente. Muchas veces los cambios en el tiempo atmosférico (lluvias, baja temperatura, granizadas, tormentas, huaycos, etc.) dificultan los trabajos de construcción afectando negativamente la consecución de los objetivos del proyecto.
- Las características estructurales, el dimensionamiento de los

elementos, los materiales e insumos a emplear y el tipo de procedimiento constructivo se ven influenciados, entre otras causas, por el tipo y resistencia del suelo, el que a su vez determina el tipo de cimentación de la infraestructura a construir y las características especiales de resistencia sísmica de la misma. Si bien podemos tener ciertas características similares en cuanto a materiales, mano de obra, maquinaria, organización y procedimientos de trabajo para cada tipo de obra a llevar a cabo: presas, carreteras, edificaciones, instalaciones industriales, etc, incluso entre infraestructura del mismo tipo existen diferencias importantes por las distintas configuraciones, dimensionamiento de los elementos estructurales e insumos de construcción a utilizar dependiendo de las exigencias y solicitudes sísmicas, así como de las propiedades del suelo en cual se va a realizar la cimentación de nuestra estructura. Esta característica en especial hace que todo proyecto de construcción sea único en su especie.

- Los límites espaciales de nuestra obra en particular restringen en gran medida el desplazamiento de maquinaria y cuadrillas de trabajo, así como la facilidad de almacenamiento de los materiales, equipos y herramientas empleados en la construcción. Todo esto complica los trabajos de almacenamiento y transporte de materiales y además existen las dificultades de acceso a la obra a construir, en cuanto a la movilización de la mano de obra, maquinaria y materiales a transportar hacia el lugar de construcción.
- La construcción es un tipo de producción centralizada ya que el producto va siendo transformado a través de procesos consecutivos sin que dicho producto realice movimiento alguno. Son los trabajadores los que se movilizan alrededor del producto, transformándolo según un procedimiento determinado hasta alcanzar el producto final. En la industria manufacturera por el contrario, el producto es el que se moviliza a través de la línea de producción mientras que los operarios

se mantienen estáticos lo que facilita el control y la medición del trabajo.

- La organización que lleva a cabo la ejecución de un proyecto de construcción es temporal, multiespecializada y multicultural y, por lo general, los equipos de trabajo que la componen nunca han laborado juntos en una obra de construcción anterior.

Todas las características antes mencionadas hacen que la industria de la construcción sea un sector de la actividad económica que requiere de la aplicación de una serie de metodologías especiales y distintivas a las de otros tipos de industrias.

Así mismo estas características van acompañadas de otros factores distintivos que pueden inducir una influencia negativa en los proyectos de construcción como por ejemplo:

- Reportes y registros financieros imprecisos.
- Requerimientos técnicos excesivos o, por el contrario, especificaciones técnicas insuficientes (planos incompletos, duplicidad de datos, etc).
- Malas relaciones con los sindicatos de trabajadores de la zona.
- Financiamiento del proyecto no alineado con los planes del proyecto.
- Temas relacionados con la reglamentación del gobierno local, regional o nacional.
- Personal calificado insuficiente para llevar a cabo el proyecto.
- La seguridad puesta en marcha en la obra.
- Sistemas de gerencia y organización no adecuados.
- Problemas de comunicación y de flujo de información dentro del proyecto.
- Reclamos y disputas en cuanto a contratos con empresas especializadas.
- Propiedades no aseguradas y problemas de pérdidas y posibles daños a la propiedad externa (vecinos, comunidades aledañas).

Todos estos factores impactan y generan un riesgo en la consecución de los objetivos de todo proyecto de construcción: cumplir con el presupuesto asignado, no extenderse del plazo de culminación programado y ejecutar la obra con todas las especificaciones predeterminadas en el expediente técnico de nuestro proyecto.

Uno de los paradigmas más arraigados entre las personas que trabajan en los proyectos de construcción, es que la construcción es una actividad artesanal que genera monotipos de calidad deficiente y con baja productividad debido a las peculiares características de su proceso productivo.

En primer lugar, durante los procesos constructivos, salvo algunas excepciones, se crean productos únicos y no productos en serie. La mayoría de las industrias de producción crean productos en serie, lo que les permite diseñar procesos estandarizados que tienen una única forma de planificar, ejecutar y controlar, esto aumenta su productividad y mejora la calidad del producto final.

En segundo lugar, la construcción es una actividad que se distingue de otras industrias porque no existe una línea de producción estática (productos móviles pasando a través de operarios fijos), sino que se caracteriza por ser una producción centralizada (operarios móviles en torno de un producto fijo), lo que dificulta la organización y el control de los trabajos, genera interferencias entre los trabajadores, la medición de los procesos se vuelve engorrosa, etc.

En tercer lugar, algunos proyectos de construcción hoy en día tienden a ejecutarse sin una ingeniería terminada, los que se denominan proyectos "fast track". Esto genera una tremenda incertidumbre a la hora de determinar los costos y el tiempo de ejecución real de las actividades ya que el alcance del proyecto (expediente técnico) aún no se encuentra

totalmente desarrollado. En los proyectos “fast track”, cuando cierto porcentaje de la ingeniería ha sido aprobado, se inician actividades de procura y/o construcción. El plazo final tiende a disminuirse pero aumenta el riesgo del proyecto. El cliente toma una decisión comparando la rentabilidad que le generará un inicio temprano de sus operaciones comparada con los riesgos asumidos por posibles errores u omisiones en los diseños de la infraestructura.

Todas estas características distintivas de la industria de la construcción nos demuestran que los plazos de ejecución de obras son cada vez menores por unidad de área construida. Esto requiere de una gran coordinación y un esfuerzo adicional por parte de los miembros del equipo de proyecto ya que el riesgo aumenta.

Muchas empresas constructoras tienden a subcontratar gran parte de sus procesos constructivos a compañías especializadas.

A pesar de todas estas facilidades tecnológicas, debemos concluir que **la construcción es UNA ACTIVIDAD INHERENTEMENTE RIESGOSA** ya que consiste en ejecutar proyectos que requieren cambiar de manera radical el entorno físico, muchas veces en condiciones climáticas adversas, o en edificaciones complejas (plantas industriales que requieren modificaciones a ser ejecutadas con la planta en pleno funcionamiento, montaje de equipos muy pesados como hornos, tanques, calderos o demasiado delicados como equipos de producción de energía nuclear o de almacenamiento de gas natural).

Todas estas condiciones peculiares de la actividad constructora indican que la industria de la construcción debería aplicar técnicas y metodologías para administrar los riesgos distintivos que se encuentran inmersos en su proceso productivo.

Debemos entender que la administración empírica, intuitiva y tradicional no



proporciona las bases necesarias para cumplir con éxito los objetivos de un proyecto y debemos recurrir a procedimientos, técnicas y herramientas más efectivas que logren hacer predecibles los resultados en nuestros proyectos.

La experiencia indica que son muy pocos los proyectos que aplican técnicas de gestión de riesgos con el fin de cumplir con los objetivos del proyecto. Se realizó un estudio en Venezuela (por el Ing. Enrique Palacios) en el cual se determinó que gran parte de los proyectos ejecutados en ese país manejan sus riesgos de manera informal.

En el Perú no existen estudios explorando el uso de procesos de gestión de riesgos en los proyectos y además la experiencia indica que existen muy pocas empresas constructoras que aplican metodologías adecuadas de gestión de riesgos a sus proyectos.

Sin embargo la idea de que la construcción es una actividad artesanal, debido a lo engorroso del control de actividades causada por la dinámica de los trabajadores y a la incertidumbre en el desarrollo de sus proyectos, puede cambiar si es que realizamos un esfuerzo de adaptación adecuada de las técnicas de gestión de riesgos convencionales aplicadas a otros tipos de proyectos.

Una de las razones de la falta de aplicación de técnicas de gestión de riesgos en los proyectos de construcción se debe a la reducida cantidad de estándares a nivel mundial y a su reciente desarrollo.

El presente trabajo de investigación que se presenta como tesis de grado, tiene por objetivo principal desarrollar una metodología adecuada para la Gestión de Riesgos de los proyectos de construcción en el Perú, realizando una adaptación adecuada de la gestión estándar de los riesgos cuyos fundamentos se encuentran en la "Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos" (PMBOK Guide: Guide to the Project Management

Body of Knowledge, Edition 2000) con la finalidad de conseguir que los proyectos de construcción en el Perú logren cumplir con los objetivos trazados inicialmente en cuanto a presupuesto, tiempo de ejecución y calidad.

## 1.7) Otras herramientas y teorías para la Dirección de Proyectos.

### (1) Lean Construction

Lo que se conoce como Construcción sin Pérdidas (LEAN CONSTRUCTION) es una nueva manera de aplicar la gestión de producción manufacturera en la construcción de infraestructura. La teoría del LEAN CONSTRUCTION requiere fortalecer los sistemas de gestión de la construcción así como los procesos mismos de construcción, centrando su trabajo en el manejo de un sistema adecuado de planificación operacional y diseño de procesos.

Entre las herramientas difundidas por LEAN CONSTRUCTION con la finalidad de incrementar el trabajo productivo en la construcción tenemos:

- Ultimo Planificador (Last Planner)
- Planificación anticipada de recursos con una ventana para 5 semanas (Look Ahead Planning)
- Planificación Maestra de Actividades por Hitos.
- Herramientas diversas para el control de rendimientos.
- Programación Operacional Lineal.
- Cartas de balance o medición del nivel general de actividad en obra.
- Administración de amortiguadores para absorción de la variabilidad.

Estas técnicas de optimización de la productividad y eliminación de

pérdidas recomendadas por Lean Construction han tenido un gran éxito en la Dirección de Proyectos de Construcción de todo el mundo. En nuestro país esta metodología viene siendo aplicada en nuestras obras por varias empresas constructoras. Entre los resultados alcanzados con la aplicación de los principios LEAN en el Perú tenemos:

- Optimización de la productividad en todos los procesos constructivos llegando hasta a un incremento de un 60% en algunas actividades.
- Reducción del trabajo no contributivo desde un 40% hasta un 20%.
- Contracción del tiempo de ejecución de proyectos hasta en un 30%.
- Disminución del uso de diversos equipos (como encofrados metálicos o maquinaria) hasta en un 40%.
- Incremento del porcentaje de cumplimiento de la planificación diaria y semanal hasta llegar a un 90% de cumplimiento en promedio.

El presente trabajo de investigación usa los principios de LEAN CONSTRUCTION para la elaboración de la planificación operacional de la obra en estudio lo que nos permite visualizar la potencia del modelo de simulación propuesto para el análisis de riesgos y la predicción del costo y el tiempo de ejecución de la obra.

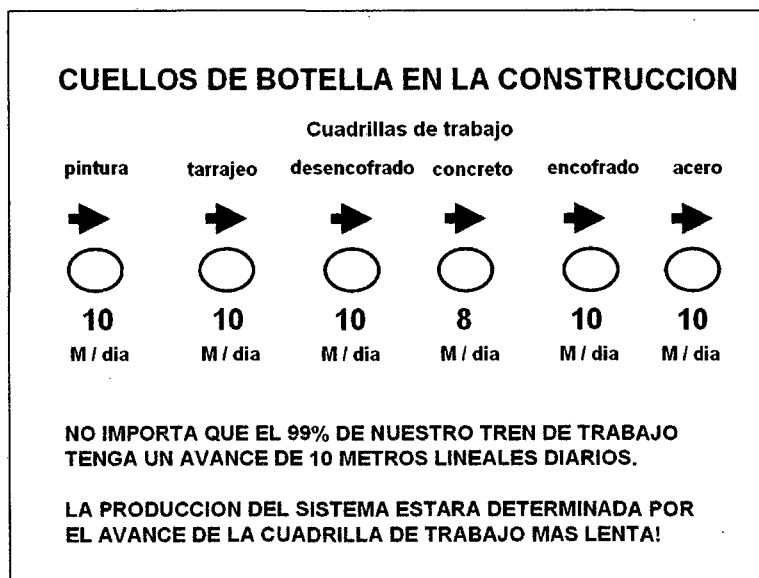
## **(2) Teoría de Restricciones (TOC - Theory Of Constraints)**

El concepto medular de la Teoría de Restricciones (Theory Of Constraints - TOC) es que la operación de cualquier sistema continuo complejo (como la construcción de un edificio, objeto de nuestro estudio) consiste en una gran cadena de recursos interdependientes, pero sólo unos pocos de ellos, los cuellos de botella, llamados restricciones; condicionan la salida de toda la producción.

En la obra de aplicación en mención se identifica la restricción dentro de las actividades del proyecto. La planificación operacional por trenes

de trabajo genera una cadena virtual de producción en la cual la cuadrilla más lenta es la que determina la velocidad de avance de todo el proyecto. En el siguiente gráfico se muestra un tren de trabajo en el cual se puede identificar correctamente el cuello de botella que genera la cola y la espera innecesaria a lo largo de toda la cadena de producción que está detrás de ella. Finalmente la culminación del proyecto depende de la culminación de la última actividad, es decir cuando el último proceso constructivo haya finalizado. Es decir que cualquier restricción o cuello de botella a lo largo del tren de trabajo generará un retraso en las actividades subsiguientes y por lo tanto en la culminación del proyecto entero.

Este principio nos lleva a deducir que no importa qué tan altas sean las velocidades de producción de algunas actividades, ya que la velocidad del tren entero dependerá de la velocidad de la actividad más lenta (cuello de botella o actividad restrictiva).



**Figura 1.6. Cuellos de botella en los trenes de trabajo  
en un proyecto de construcción.**

Sin embargo la variabilidad y los cambios en los rendimientos (y por

ende en las velocidades de producción de cualquiera de las actividades) generan que los cuellos de botella dentro del tren de trabajo, cambien de posición continuamente. Es decir en un momento dado dentro de mi tren de trabajo la actividad más lenta puede ser la colocación de acero en los muros y columnas, sin embargo por la falta de materiales, debido a disminución de los rendimientos por una dificultad de trabajo o la descomposición de algún equipo, dicha restricción puede dejar de serlo y por ejemplo una actividad como la colocación del contrapiso puede convertirse en el nuevo cuello de botella de nuestro tren. Esto nos demuestra que nuestro cuello de botella no necesariamente estará fijo y que debemos tomar en cuenta la variabilidad y los cambios en las velocidades de producción de cada uno de los procesos constructivos de nuestro proyecto.

Cuadrillas de trabajo						
	pintura	tarrajeo	desencofrado	concreto	encofrado	acero
	➡	➡	➡	➡	➡	➡
	○	○	○	○	○	○
Metros lineales de avance diario de cada cuadrilla de trabajo						
DIA 1	10	10	10	8	10	10
DIA 2	11	13	10	9	12	5
DIA 3	10	11	9	7	10	8
DIA 4	6	10	8	11	7	12

**Figura 1.7. Variabilidad en el tiempo de ejecución de los procesos constructivos del tren de trabajo.**

En el presente trabajo de investigación se realiza una simulación de los posibles tiempos de ejecución de cada uno de los procesos constructivos del proyecto de aplicación, es decir, podemos predecir con cierto grado de exactitud el futuro desempeño de nuestro proyecto, pudiendo establecer una curva de distribución para el tiempo total de

ejecución de nuestro proyecto, mediante la interacción de distribuciones de probabilidad del tiempo de realización de cada uno de nuestros procesos constructivos. De esta manera podemos determinar el riesgo de culminar nuestra obra en un rango de fechas, tomando en cuenta la influencia de los cuellos de botella que generan colas y esperas en nuestro tren de trabajo.

### **1.8) La Cadena Crítica en la Dirección de Proyectos.**

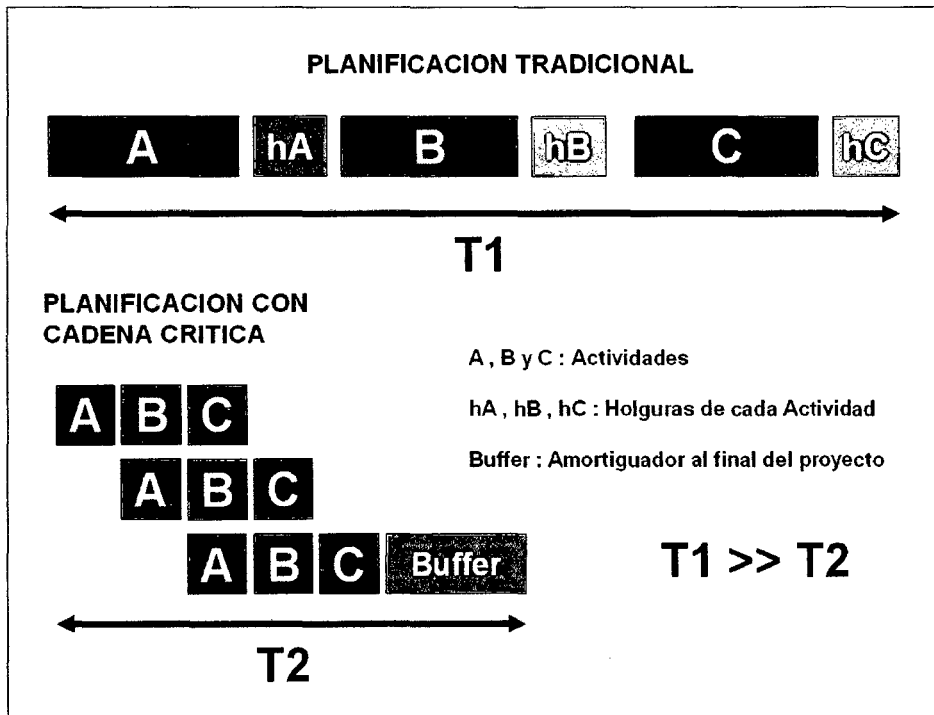
La genialidad de la Teoría de Restricciones, en su novedosa metodología de CADENA CRÍTICA, reside en el desarrollo de un nuevo modelo que encara por primera vez, tanto el lado humano, como el de la metodología algorítmica de la administración de proyectos, en una sola disciplina unificada.

Los conceptos de la cadena crítica han tenido un impacto importante en los proyectos de edificaciones y centros comerciales de nuestra capital (como el Centro Comercial Primavera Park Plaza o el edificio multifamiliar "Malecón Balta" estudiado en el último capítulo de la presente tesis) reduciendo hasta en un 30% la duración del proyecto, generando ahorros económicos importantes con respecto a los presupuestos iniciales de ambos proyectos.

La construcción de edificaciones urbanas mediante utilización de amortiguadores (herramienta de Cadena Crítica) y flujos de producción (concepto de Lean Production) combina en una metodología estándar que puede ser personalizada para cada proyecto en particular, principios basados en la teoría del Lean Production y la Teoría de las Restricciones del Doctor Eliyahu Goldratt. Por una parte, la teoría del Lean Production plantea que la producción no solamente es un conjunto de procesos de conversión cuyo desempeño individual debe maximizarse, si no que es función del flujo de actividades que componen y enlazan dichos procesos.

El fundamento de esta filosofía tuvo su origen en el sistema de producción de Toyota, desarrollado por Ohno en los años 50, el cual se enfocó en la eliminación de inventarios y otras pérdidas a través de la producción de automóviles en lotes pequeños.

Por otro lado, Goldratt también pone en consideración la perspectiva dual de actividad y flujo de los procesos productivos. El concepto medular de su Teoría de las Restricciones es que la operación de cualquier sistema complejo consiste en una gran cadena de recursos interdependientes, pero solo unos pocos de ellos; los cuellos botella, llamados restricciones; condicionan la salida de toda la producción. Este concepto es fundamental y nos permite tener una clara visión de cómo abordar el tema de mejoramiento continuo del sistema. Para el caso de proyectos, Goldratt propone el uso de un buffer o amortiguador de tiempo al final del proyecto en lugar de las holguras tradicionales para cada actividad, basado en que estamos acostumbrados a creer que el único modo de proteger “el todo” es protegiendo la fecha de terminación “de cada paso” y que protegemos cada paso con gruesos colchones de tiempo. Lo anterior, considerando la psicología humana y la naturaleza de la dependencia entre pasos; nos conduce inevitablemente a padecer de tres mecanismos: síndrome del estudiante, tareas múltiples y el hecho de que las demoras se acumulan y los adelantos no; que al combinarse hacen que la mayoría del tiempo de protección se desperdicie.



**Figura 1.8. Comparación entre la planificación tradicional con holguras intermedias y la planificación con Cadena Crítica.**  
**FUENTE: “Revista Cuadrilla”. COSAPI SA (Año 2003).**

El aspecto medular de esta metodología consiste en combinar el concepto de lotes pequeños propuesto por Ohno y el del buffer de protección al final del proyecto propuesto por Goldratt, lo cual permite multiplicar el efecto de reducción del plazo considerablemente, según se sugiere en la figura.

Esta metodología de Cadena Crítica combinada con herramientas Lean garantiza plazos de entrega oportunos porque está sustentado en una sólida base conceptual y una metodología diseñada para lograr que todo el personal del proyecto; desde la gerencia hasta el último trabajador; se involucren en la consecución de sus objetivos, reduciendo así los riesgos de no llegar a concretar los objetivos del proyecto.



## **Capítulo II**

**PMBOK Guide. Descripción y crítica a la "Guía a los Fundamentos de la  
Dirección de Proyectos".**

## 2) Capítulo II: PMBOK Guide. Descripción y crítica a la "Guía a los Fundamentos de la Dirección de Proyectos".

Toda organización se crea para cumplir ciertos objetivos o metas, que pueden ser metas de negocio, de desarrollo social, de construcción de infraestructura, de desarrollo de software, etc. Para cumplir estos objetivos dichas organizaciones generan ideas, visiones y diferentes escenarios en donde se ubican en un futuro a corto, mediano y largo plazo. Para intentar cumplir con estos objetivos y materializar sus ideas, normalmente se desarrolla una planeación estratégica en donde se plasma el cuándo y el cómo se cumplirán. Esta planeación estratégica tiene como contrapeso, los recursos necesarios para materializar sus ideas planteadas, y desgraciadamente, los recursos son cada día más limitados, escasos y en medio de una feroz competencia con otras organizaciones.

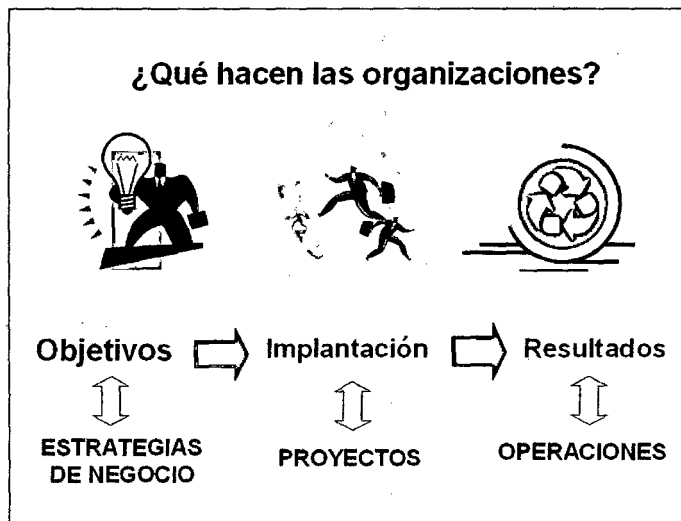


Figura 2.1. ¿En qué se enfocan las organizaciones?  
FUENTE: "Teoría General del Proyecto", Manuel de Cos (Año 2000).

En medio de este contexto, los proyectos vienen a ser los puentes que unen las ideas de la planeación estratégica, con los buenos resultados en las operaciones; los proyectos vienen a ser la implantación e implementación de iniciativas de las organizaciones.

Por tanto la Dirección de Proyectos es, hoy en día, una especialidad de vanguardia y de importancia crítica en las organizaciones a nivel mundial.

La práctica profesional de la Dirección de Proyectos está siendo reconocida día a día como algo fundamental para el desarrollo de las empresas de primer nivel en el mundo. Por esto, en los últimos años se ha generado una gran cantidad de bibliografía, estándares, guías, etc. Las asociaciones profesionales especializadas en el tema, también han tenido un crecimiento exponencial en los últimos años; lo mismo que los cursos, seminarios y hasta programas de maestría relacionados con la gerencia de proyectos, además de variados sistemas de software comercial cada vez más al alcance de todos.

Entre todas las recomendaciones y metodologías empleadas para poner en práctica la Dirección de Proyectos como una profesión formal y estandarizada, podríamos mencionar los enfoques dados por las siguientes organizaciones, que a mi parecer, son las instituciones más capacitadas para hacerlo:

- El PMI (Project Management Institute) o Instituto de Dirección de Proyectos con su "Guía para el Cuerpo de Conocimientos en la Dirección de Proyectos" (PMBOK Guide) cuyas tres últimas ediciones datan de los años 1996, del año 2000 y del año 2004.
- La ISO (Internacional Standar Organization) u Organización Internacional para la Estandarización que publicó su norma ISO 9000-2000/10006 que es una norma de gestión de la calidad en la dirección de proyectos (Guidelines for Quality in Project Management).
- Diversos cuerpos de conocimiento de la IPMA (Internacional Project Management Asociation) o Asociación Internacional de Dirección de Proyectos.
- Cuerpos de conocimiento de la APM (Association for Project Management) o Asociación para la Dirección de Proyectos.

Existe gran cantidad de información sobre metodologías y herramientas de Dirección de Proyectos, pero que lamentablemente se reflejan en conceptos teóricos, aislados y muchas veces no aplicables para el trabajo diario y procesos usuales en los distintos tipos de proyectos, lo que hace que no se obtengan los resultados esperados cuando todo este cúmulo de conocimientos se pone en práctica de una manera inadecuada y desintegrada.

Las cuatro organizaciones antes mencionadas (PMI, ISO, IPMA y APM), instituciones reconocidas internacionalmente y cuyas metodologías de dirección de proyectos han sido reconocidas e implementadas con éxito por empresas y departamentos gubernamentales en todo el mundo ha publicado diversos estándares referidos a la disciplina de la dirección de proyectos. De todas estas publicaciones, la más difundida, estudiada, reconocida y utilizada a nivel internacional y también en nuestro medio es la "Guía a los Fundamentos de la Dirección de Proyectos" (A Guide to Project Management Body Of Knowledge, PMBOK Guide), editada por el Instituto de Dirección de Proyectos (PMI) y revisada y actualizada cada cuatro años,...

El Cuerpo de Conocimientos de la Dirección de Proyectos (PMBOK: Project Management Body of Knowledge) es un término que **describe la suma de conocimientos** dentro de la profesión de la administración de proyectos. El cuerpo de conocimientos incluye prácticas tradicionales comprobadas así como prácticas innovadoras y avanzadas, incluye material publicado y sin publicar. Intenta ser una gran fuente de información, reflejo de todas las prácticas exitosas que pueden ocurrir en la gerencia de proyectos. Hay que saber diferenciar lo que es el PMBOK de lo que es el PMBOK Guide.

El PMBOK abarca todas las publicaciones, herramientas y conocimientos difundidos por el Instituto de Dirección de Proyectos (PMI) y aplicables en ciertos tipos de proyectos sin importar su sector de la industria o especialidad en particular. El PMBOK abarca un abundante cúmulo de conocimientos, generales y especializados, muchos de cuales no son aplicables ni necesarios en todos los proyectos, sino en ciertas ramas de la industria y bajo condiciones especiales. La gran cantidad de información y conocimientos sobre nuevas técnicas en la

dirección de proyectos que se iba acumulando en el PMBOK comenzó ser difícil de difundir, clasificar y actualizar. Ahí es donde nace la necesidad de crear un GUIA ESTANDAR que solamente contenga la información indispensable para gestionar cualquier tipo de proyecto.

“La Guía a los Fundamentos de la Dirección de Proyectos” (A Guide to Project Management Body Of Knowledge – PMBOK Guide) **es un subconjunto** de los conocimientos de la profesión de dirección de proyectos, que incluye las técnicas, herramientas, metodologías, procesos y procedimientos “generalmente reconocidos” como buenas prácticas en la mayoría de proyectos, la mayoría del tiempo.

En el presente capítulo se hará una descripción general de los procesos recomendados por el PMBOK Guide en cuanto a la dirección de proyectos, sus áreas de conocimiento, sus herramientas y metodologías principales y las limitaciones de la guía, que **NO DEBE SER ENTENDIDA** como “un recetario” que debe ser aplicado y adoptado de manera uniforme y rígida a todos los proyectos de construcción; sino mas bien debe ser interpretada, entendida y estudiada como un subconjunto de las técnicas más utilizadas y más reconocidas para administrar la mayoría de proyectos, y que por ende debe ser adaptada a las características particulares de cada proyecto de construcción específico.

El Instituto de Dirección de Proyectos (Project Management Institute - PMI) es la asociación profesional sin fines de lucro líder a nivel mundial en cuanto a Dirección de Proyectos. Se ha dedicado a la promoción de la profesión de Dirección de Proyectos y al desarrollo de los fundamentos de la Dirección de Proyectos desde 1969. PMI es reconocido mundialmente por establecer normas globales en Dirección de Proyectos y por ser la entidad que certifica a los Profesionales de Dirección de Proyectos (Project Management Professional - PMP).

La base metodológica del Instituto de Dirección de Proyectos constituye un estándar mundial avalado -entre otros- por IEEE y ANSI. Se originó en USA y

Canadá a fines de la década del 60 y luego se fue extendiendo, con un fuerte crecimiento en los últimos años, hasta superar los 200.000 socios pertenecientes a todos los continentes.

Uno de los aportes más interesantes del PMI es lo que se llama el "Cuerpo de Conocimientos de la Dirección de Proyectos" (PMBOK – Project Management Body of Knowledge) que, como ya se ha explicado en párrafos anteriores, consolida principios, técnicas y métodos de las diferentes disciplinas; ingeniería, administración, informática, construcción, leyes, etc.

PMI respalda a aproximadamente 200.000 miembros en más de 150 países. Sus miembros practican, estudian, enseñan e investigan acerca de la dirección de proyectos en muchos sectores diferentes, desde la industria aeroespacial, la ingeniería y la construcción hasta los servicios financieros, el desarrollo de nuevos productos y el cuidado de la salud.

El Project Management Institute (PMI) es una asociación profesional seleccionada por personas e instituciones alrededor del mundo quienes trabajan o están interesados en la dirección de proyectos. El PMI desarrolla estándares y certificaciones en la práctica de la dirección de proyectos. La certificación Project Management Professional (PMP), es la certificación más reconocida en el mundo para los profesionales que se dedican a la dirección de proyectos. El PMI es la primera organización en el mundo que tiene su programa de certificación ligado a la norma internacional ISO 9001.

El desarrollo profesional, la capacitación y la educación son algunas de las metodologías fundamentales por medio de las cuales PMI promueve la profesión de la dirección de proyectos en todos los sectores. Sus actividades educativas para adultos cubren un amplio espectro: ofertas educativas como Seminars World®; oportunidades educativas a través de Internet; organizaciones componentes de PMI (capítulos, grupos de interés específico y universidades); además de reuniones y conferencias estratégicas a nivel continental y regional (por ejemplo el Congreso Internacional de Dirección de Proyectos para Latinoamérica).

Tiene sede en Pensilvania - USA y tiene más de 200,000 miembros en más de 150 países, de los cuales más de 140,000 están certificados como Profesionales en Dirección de Proyectos (Project Management Professional – PMP).

Los miembros se desarrollan en proyectos en distintas industrias, entre otras, automotriz, servicios financieros, tecnología de la información, telecomunicaciones, construcción, departamentos gubernamentales, farmacéutica, salud, ingeniería. El PMI estima que hay en USA alrededor de 4,5 millones de gerentes de proyecto y otros 12 millones alrededor de todo el mundo.

El PMI fue fundado en 1969 y desde ese entonces se fueron incorporando más miembros, se crearon capítulos en distintos países y se realizaron eventos para difundir el mejor uso de la disciplina.

Entre sus actividades se destacan:

- Desarrollo de estándares de la profesión. El más conocido es la Guía para el Cuerpo de Conocimientos de la Dirección de Proyectos - PMBOK Guide (Guide to the Project Management Body of Knowledge) con más de 270,000 copias en circulación y aprobada como un estándar por el American National Standards Institute (ANSI)
- Certificación de Profesionales en Dirección de Proyectos como Project Management Professional (PMP)
- Programa de Proveedores de Educación Registrados.
- Actividades de investigación para el desarrollo de la profesión de Director de Proyecto.
- Publicaciones: Project Management Journal; PM Network y PM Today.

- Educación y capacitación en Dirección de Proyectos.
- Realización de Congresos y Simposios.
- Publicación del PMQ Special Report on Ethics Standards and Accreditation.
- Tiene presencia en la WEB a través de su sitio [www.pmi.org](http://www.pmi.org) .

Desde 1984, el PMI ha desarrollado y mantiene un riguroso **Programa de Certificación de Individuos** en base a antecedentes como Directores de Proyectos y a un riguroso examen, con el objetivo de mejorar la profesión de la Dirección de Proyectos y reconocer los logros de los individuos en la Dirección de Proyectos.

La certificación del PMI como Project Management Professional (PMP) es la más reconocida en todo el mundo y está certificada por ISO 9001.

Hay más de 140.000 miembros certificados como Project Management Professional (PMP) en todo el mundo, en Perú hay actualmente **39 profesionales con la certificación de PMP** y esta cifra sigue creciendo año a año.

## 2.1) Introducción a la Guía a los Fundamentos de la Dirección de Proyectos.

El Instituto de Dirección de Proyectos (PMI - Project Management Institute) elabora "Una Guía a los Fundamentos de la Dirección de Proyectos" (A Guide to Project Management Body of Knowledge - PMBOK Guide) y la actualiza cada cierto tiempo. Este documento contiene las metodologías, herramientas, técnicas y conocimientos generalmente reconocidos como buenas prácticas y utilizados en la mayoría de proyectos, la mayoría del tiempo y existe un amplio consenso sobre su valor y utilidad. Este documento también proporciona "un lenguaje común" dentro de la



profesión y la práctica de la dirección de proyectos para hablar y escribir sobre este tema. El PMBOK Guide proporciona a su vez una referencia básica para cualquiera que se interese en la profesión de la dirección de proyectos.

Sin embargo tenemos que entender que este documento no es un compendio total y absoluto de todo el saber en cuanto al tema de la dirección de proyectos. El PMBOK Guide sólo contiene los fundamentos y las herramientas básicas generalmente usadas, la mayoría del tiempo, en la mayoría de proyectos, abarcando las prácticas tradicionales y comprobadas que se aplican como un estándar a nivel mundial. Por esta misma razón esta guía NO CONTIENE todos los conocimientos para administrar con éxito todos los proyectos. Existe una necesidad urgente de realizar una serie de extensiones y mejoras a esta guía en forma continua, ya que existen conocimientos y prácticas en determinadas áreas de aplicación y en determinados tipos de proyectos, pero que no son reconocidos ni aplicables a otros tipos de proyectos en situaciones particulares.

Este es el caso de los riesgos en los proyectos de construcción. Debido a las características especiales que tiene la industria de construcción, que ya han sido mencionadas y analizadas en su momento en los capítulos anteriores del presente estudio, y que la distinguen de otros tipos de actividades económicas de producción, tal es el caso de:

- su estrecha relación con el medio ambiente;
- las dificultades en cumplir con las exigencias contractuales;
- la reglamentación gubernamental local, regional o nacional;
- relaciones con sindicatos de obreros y huelgas de trabajadores;
- la dependencia con múltiples empresas subcontratistas especializadas;
- ejecución de trabajos en condiciones climáticas adversas;
- el manejo de múltiples y variados insumos y equipos de construcción;
- el manejo financiero y de flujo de caja de la obra;
- la formación de equipos multidisciplinarios y multiculturales;

- restricciones de espacio, personal o maquinaria empleada;
- la seguridad puesta en marcha en obra;
- la comunicación y el flujo de información dentro y fuera del proyecto;
- reclamos, arbitrajes y disputas; etc.

Estos factores particulares hacen que la actividad constructora en el país tenga la urgente necesidad de predecir, de una manera confiable, todos los posibles problemas y oportunidades a surgir dentro de sus proyectos de construcción.

En 1987, PMI contribuyó al avance de la profesión de la Dirección de Proyectos a nivel mundial cuando publicó las Normas de la Guía de PMBOK®, precursora de la versión de 1996 de la Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos (Guía de PMBOK®), al propugnar un léxico común y difundir los fundamentos y las prácticas de la Dirección de proyectos generalmente aceptados.

En el 2003, PMI nuevamente realizó un aporte significativo a la profesión al publicar el Modelo de Madurez de la Dirección de Proyectos de la Organización (OPM3®), propugnando de este modo todo un conjunto nuevo de fundamentos relativos a la Dirección de Proyectos de la organización.

## 2.2) Los procesos de la Dirección de Proyectos.

Los proyectos se componen de procesos. Un proceso es "una serie de acciones que producen un resultado." Los procesos de proyecto son ejecutados por personas y, por lo general, pertenecen a una de las dos siguientes categorías principales:

- **Procesos de la dirección del proyecto:** Son aquellos procesos orientados a gestionar y optimizar los recursos necesarios para conseguir los objetivos del proyecto.

- **Procesos orientados al producto:** Son aquellos procesos que especifican y crean el producto del proyecto.

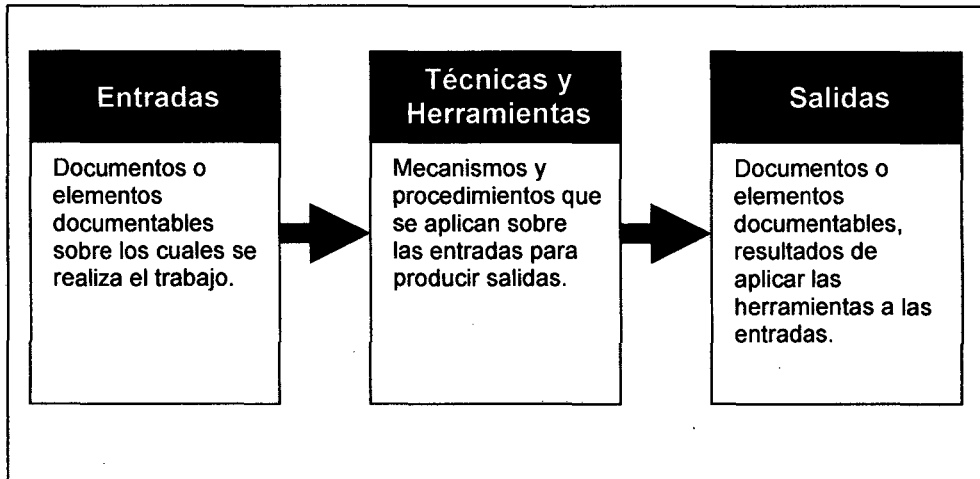
Estos dos tipos de procesos se superponen e interactúan durante el ciclo de vida del proyecto. Por ejemplo no se puede realizar la programación de un proyecto de construcción (proceso de la dirección del proyecto) si es que no se han definido y estudiado previamente todos los procesos constructivos necesarios para llevar a cabo la obra (proceso orientado al producto del proyecto).

Con esta clasificación de los procesos componentes de un proyecto, el Instituto de Dirección de Proyectos (PMI) define objetivamente su rango de acción: difundir, evaluar, mejorar y estandarizar los procesos de la dirección del proyecto. En cuanto a los procesos orientados al producto, el Instituto de Dirección de Proyectos declara implícitamente que no son parte de su objeto de estudio y difusión.

Por ejemplo si nos referimos a la planificación y control de la productividad de los procesos constructivos (procesos orientados al producto), una de las principales preocupaciones de la dirección de todo proyecto de construcción, no encontramos ninguna referencia al respecto en la "Guía a los Fundamentos de la Dirección de Proyectos" (PMBOK Guide). Esto se debe a que todos los procesos de planificación y control de la producción son clasificados como procesos orientados al producto y no forman parte del rango de estudio de la guía. Esto no quiere decir que los procesos de producción no tengan importancia para la dirección del proyecto, muy por el contrario, el desarrollo de las metodologías y herramientas orientadas a la generación del producto del proyecto, deben ser desarrolladas y adaptadas por los profesionales encargados de estas funciones dentro del proyecto y ser emitidos como reportes adicionales a la dirección del proyecto básica y tradicional estandarizada por el PMI.

Según la "Guía a los Fundamentos de la Dirección de Proyectos" (PMBOK

Guide 2000), la gestión de proyectos se realiza mediante la interrelación de una serie de procesos, definidos según el enfoque sistémico, como la aplicación de herramientas y técnicas a un elemento de entrada, con el objeto de obtener una salida de mayor valor, ya que mediante ese proceso se le ha agregado valor al producto.



**Figura 2.2. Esquemización de un proceso.**  
**FUENTE: PMBOK Guide. Edición 2000 (PMI)**

### **(1) Grupo de Procesos de la Dirección de Proyectos**

Toda la variedad de procesos inmersos dentro de la gestión de proyectos pueden ser organizados en cinco grupos, cada uno de dichos grupos de procesos contienen uno o más procesos:

- Procesos de Iniciación.
- Procesos de Planificación.
- Procesos de Ejecución.
- Procesos de Control.
- Procesos de Cierre.

En la gestión de proyectos se aplican básicamente los procesos de planificación, ejecución y control. Sin embargo, por su carácter temporal, aparecen dos procesos adicionales: Inicio y Cierre.

Los grupos de procesos están relacionados por los resultados que producen (el resultado o salida de cualquier proceso muy a menudo constituye la entrada de otro proceso), por ejemplo los procesos relativos a planificación proveen los elementos de entrada a los procesos de ejecución, al comienzo del proyecto, a un plan documentado y luego, a medida que el proyecto progresa, entrega actualizaciones documentadas de dicho plan.

La iniciación es un proceso de reconocimiento, aprobación y compromiso hacia una actividad. Es en esta fase en que se verifica que existe cada actividad y donde se genera la energía para su realización.

La planificación es un proceso de sistematización, ordenamiento y diseño de un esquema factible para lograr los objetivos de una actividad. En este proceso se definen qué, cuándo, dónde y cómo hacerlo, para la posterior ejecución de la actividad iniciada.

La ejecución es un proceso de coordinación y realización de una actividad determinada, que es consecuente al proceso de planificación.

El control es un proceso de búsqueda de información, medición y comparación de los hechos y resultados con respecto a lo planificado. Este proceso plantea la toma de decisiones con respecto a la situación evaluada.

El proceso de cierre es un proceso de formalización y entrega de la labor realizada hacia las siguientes etapas en el ciclo de vida de la actividad, proyecto o idea.

Todo este procedimiento es en una sola dirección, excepto cuando se llega al proceso de control, en el cual se plantea la necesidad de tomar alguno de los tres posibles caminos:

- **Finalización de la actividad:** Sucede cuando la medición indica que lo ejecutado cumplió con todo lo que estaba planificado y se pasa al proceso de cerrar.
- **Continuación de la actividad:** Decisión que se toma cuando la medición está en sintonía con lo planificado, pero todavía queda trabajo por hacer por lo que se sigue ejecutando.
- **Replanificación:** Se plantea cuando hay una diferencia significativa entre lo planificado y lo ejecutado, en cuyo caso es rentable volver a planificar.

Todos estos grupos de procesos interactúan formando un CICLO ITERATIVO de planificación, ejecución y control, el cual se repite por cada subproyecto y así sucesivamente hasta llegar a las actividades finales, donde ya la planificación y el control son prácticamente inexistentes.

En la figura siguiente, el elemento de unión en el ciclo es la ejecución, ya que ejecutar el proyecto implica iniciar el ciclo de los subproyectos y ejecutar estos subproyectos abre el ciclo de vida de los paquetes de actividades y posteriores actividades terminales del proceso.

## (2) **Carácter evolutivo de un proyecto**

La vida de un proyecto es completamente evolutiva, donde cada paso de avance se fundamenta sobre el trabajo anterior. Esto representa una diferencia frente a la gerencia operativa, donde se interactúa continuamente con un sistema para hacer que el producto final tenga las mismas características que el anterior, conservando sus propiedades.

Un proyecto es evolutivo porque se gestiona, se va desarrollando, crece y finalmente termina, para darle nacimiento al producto o

productos deseados. Un proyecto, a su vez, está conformado por el ensamblaje de múltiples subproyectos, cada uno de ellos con una razón de ser distinta, probablemente ejecutado por personas diferentes, con recursos desiguales y bajo condiciones ambientales que pueden variar. A su vez estos subproyectos están conformados por personas diferentes, recursos desiguales y bajo condiciones que van variando a lo largo del tiempo. A su vez, estos subproyectos están formados por múltiples actividades, cada una con sus condiciones características y que de paso deben competir por la limitación de los recursos disponibles.

El ciclo gerencial continuo en el proyecto, es un sistema donde interactúan procesos de planificación, ejecución y control. Si cada subproyecto tiene cierto nivel de independencia quiere decir, que una actividad puede encontrarse en etapa de planificación, mientras que otra está en plena ejecución, otra se está evaluando y ya ha comenzado la replanificación en alguna de ellas. Esto es lo que se denomina un TRASLAPE de los procesos de gestión y depende de las características propias del proyecto, del estilo del equipo de trabajo y de la presión ejercida por los interesados internos y externos del proyecto.

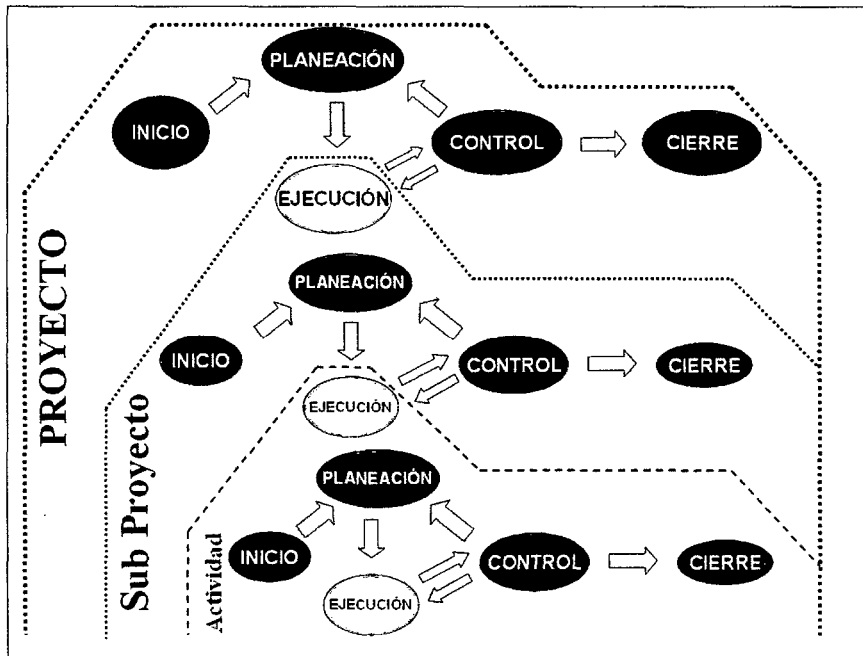


Figura 2.3. Interpretación del carácter sistémico de los procesos en la Dirección de Proyectos. FUENTE: "Principios esenciales para realizar proyectos: Un enfoque latino" (Luis E. Palacios)

### 2.3) Las áreas de conocimiento de la Dirección de Proyectos.

Se utilizará la metodología del PMBOK Guide para este proyecto de investigación, poniendo en práctica los criterios, procesos, técnicas y herramientas de las 9 áreas de conocimientos desarrolladas por el Instituto de Dirección de Proyectos (PMI) y que constituyen un Estándar Nacional Americano (ANSI/PMI 99-001 2000).

Estas nueve áreas de conocimientos son las siguientes:

#### (1) Gestión de la Integración del Proyecto

Incluye los procesos requeridos para asegurar que los diversos elementos del proyecto sean coordinados apropiadamente. Consiste en el desarrollo del plan del proyecto, la ejecución del plan del proyecto y el control de cambios integrado.



## **(2) Gestión del Alcance del Proyecto**

Incluye los procesos requeridos para asegurar que el proyecto incluya todo el trabajo necesario, y sólo el trabajo necesario, para completar el proyecto exitosamente. Consiste en iniciación, planificación del alcance, definición del alcance, verificación del alcance y control de cambios del alcance.

## **(3) Gestión de Tiempos del Proyecto**

Incluye los procesos requeridos para asegurar que el proyecto se complete a tiempo. Consiste en la definición de las actividades, secuenciamiento de las actividades, cálculo de la duración de las actividades, desarrollo del cronograma y control del cronograma.

## **(4) Gestión de Costos del Proyecto**

Incluye los procesos requeridos para asegurar que el proyecto se complete dentro del presupuesto aprobado. Consiste en la planificación de los recursos, estimación de costos, asignación de presupuestos, de costos y control de los costos.

## **(5) Gestión de la Calidad del Proyecto**

Incluye los procesos requeridos para asegurar que el proyecto va a satisfacer las necesidades por las cuales ha sido emprendido. Consiste en planificación de la calidad, aseguramiento de la calidad y control de la calidad.

## **(6) Gestión de los Recursos Humanos del Proyecto**

Incluye los procesos requeridos para hacer el uso más efectivo de las personas involucradas en el proyecto. Consiste en planificación de la organización, adquisición del personal y desarrollo del equipo.

### **(7) Gestión de las Comunicaciones del Proyecto**

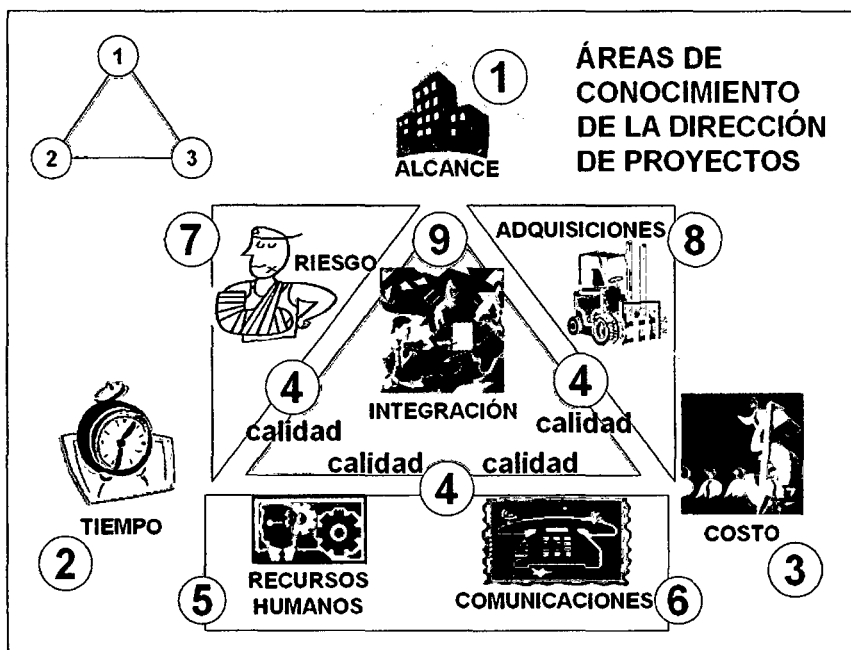
Incluye los procesos requeridos para asegurar que la generación, recolección, distribución, almacenamiento y destino final de la información del proyecto se realice en el tiempo y en la forma adecuada. Consiste en planificación de las comunicaciones, distribución de la información, informes de rendimiento y cierre administrativo.

### **(8) Gestión de los Riesgos del Proyecto**

Incluye los procesos relativos a la identificación, análisis y respuesta a los riesgos del proyecto. Consiste en planificación de la gestión de riesgos, identificación de riesgos, análisis cualitativo de los riesgos, análisis cuantitativo de los riesgos, plan de respuesta a los riesgos y supervisión y control de riesgos.

### **(9) Gestión de las Adquisiciones del Proyecto**

Incluye los procesos requeridos para adquirir bienes y servicios desde fuera de la organización ejecutante. Consiste en planificación de adquisiciones, planificación de la búsqueda de proveedores, búsqueda de proveedores, selección de proveedores, administración del contrato y cierre del contrato.



**Figura 2.4. Las NUEVE áreas de conocimiento de la Dirección de Proyectos según el PMI. FUENTE: "Administración Profesional de Proyectos" (Yamal Chamoun).**

Estas áreas describen los conocimientos y las prácticas en la dirección de proyectos en términos de los procesos que la componen. Dichos procesos han sido organizados dentro de éstas nueve áreas de conocimiento.

**2.4) Las áreas de conocimiento adicionales y las extensiones para la Dirección de Proyectos de Construcción.**

Existe gran cantidad de información sobre metodologías y herramientas de Dirección de Proyectos, pero que lamentablemente se reflejan en conceptos teóricos, aislados y muchas veces no aplicables para el trabajo diario y procesos usuales en los distintos tipos de proyectos, lo que hace que no se obtengan los resultados esperados cuando todo este cúmulo de conocimientos se pone en práctica de una manera inadecuada y desintegrada.

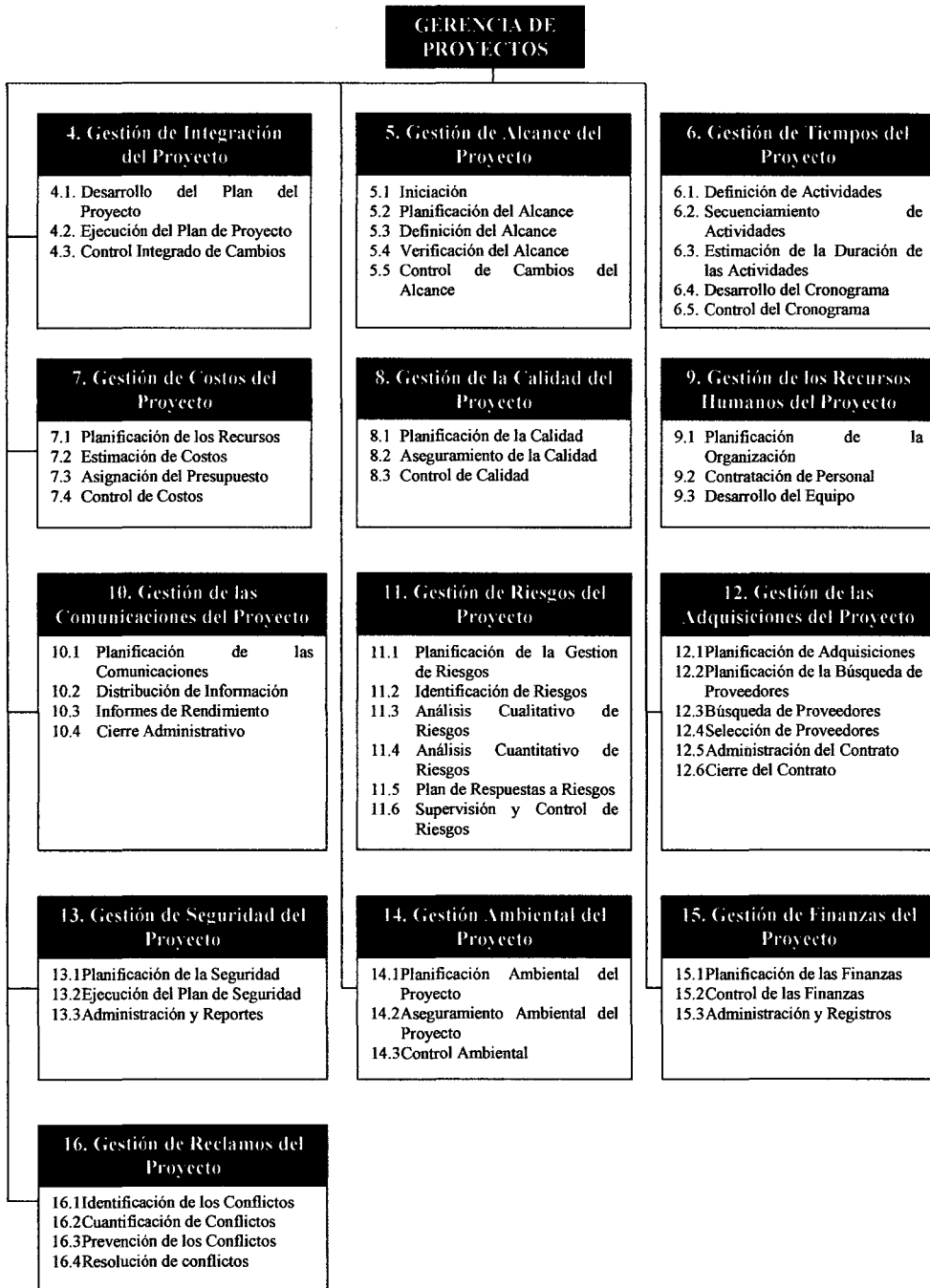
La adaptación metodológica de la gestión de riesgos en los proyectos de

construcción depende fundamentalmente de enfrentar de manera proactiva los futuros problemas que se puedan generar en áreas como:

- La seguridad puesta en marcha dentro y fuera de la obra.
- Problemas laborales o sindicales.
- Baja productividad de la mano de obra.
- Incumplimiento de los proveedores de insumos y materiales.
- Incremento del precio de los insumos o materiales de construcción.
- Control de calidad de los procedimientos constructivos.
- Solución de disputas y reclamos referidos a los contratos de obra.
- Cuidado del medioambiente y de construcciones aledañas.

La gestión de riesgos está íntimamente relacionada con estas cuatro áreas de conocimientos por lo que se hace necesario describirlas con la finalidad de poder identificar adecuadamente los procesos desarrollados dentro de cada una de ellas y así poder realizar una gestión de riesgos efectiva de nuestro proyecto.

Es importante resaltar la importancia de estas áreas en la gestión de riesgos en los proyectos de construcción. Son las áreas adicionales que deben ser implementadas en la industria de la construcción en el Perú como una materia formal de gestión con la finalidad de incrementar el porcentaje de proyectos culminados exitosamente.



**Figura 2.5. Areas de Conocimientos para la Gestión de Proyectos de Construcción propuestas por el PMI. FUENTE: Construction Extension of the PMBOK Guide. Project Management Institute (Año 2003)**

## **2.5) Las herramientas de la Guía del PMBOK aplicables a los proyectos de construcción.**

### **(1) La Estructura de Descomposición del Trabajo (WBS – Work Breakdown Structure)**

Los gerentes de proyectos exitosos usan herramientas de planificación para definir adecuadamente los objetivos del proyecto con el fin de gestionarlos adecuadamente.

La Estructura de Descomposición del Trabajo (Work Breakdown Structure – WBS) provee la base para definir el trabajo del proyecto y relacionarlo con los objetivos del mismo y establece la estructura para gerenciar dicho trabajo hasta su terminación.

El WBS se usa en proyectos para definir:

- El trabajo del proyecto en términos de entregables y descomponerlos en componentes.
- También puede usarse el ciclo de vida del proyecto para descomponerlo.

A continuación se detallan los tres términos que definen toda WBS:

- Trabajo. Esfuerzo físico o mental llevado a cabo para lograr un objetivo o resultado; una actividad o tarea específica que forma parte de un esfuerzo mayor; algo producido debido al esfuerzo o aplicación de una habilidad.
- Descomposición. Dividir en partes o categorías; separar en substancias más simples.
- Estructura. Algo ordenado de acuerdo a cierto patrón de organización.

Estas definiciones implican que el WBS tiene las siguientes características:

- Representa un trabajo, y este trabajo tiene un resultado tangible.
- Se ordena en una estructura jerárquica.
- Tienen un objetivo o resultado tangible, al cual nos referimos como Entregable.

Un WBS es la agrupación orientada a entregables de los elementos del proyecto, que organiza y define el total de los alcances del proyecto. Cada nivel descendiente representa una definición más detallada del trabajo del proyecto.

Los elementos del WBS ayudan a los involucrados a desarrollar una visión clara del producto final del proyecto y de los procesos requeridos para su creación.

El WBS divide los entregables del proyecto en paquetes de trabajo jerárquicos, gerenciales y definidos que permiten tener un balance entre la necesidad de control con un nivel apropiado de datos.

Los niveles ayudan a enfocar la comunicación con los stakeholders y ayudan a identificar las responsabilidades para los paquetes de trabajo y a gerenciar y controlar el proyecto.

Los niveles superiores del WBS representan los principales entregables o en algunos casos las fases del proyecto. Estos niveles proveen un punto para recolectar información sobre el desempeño del proyecto. Los contenidos dependen del tipo del proyecto. Es importante aclarar las "etiquetas" de los elementos de los WBS para evitar confusiones.

Los niveles inferiores es donde se llevará a cabo el control del alcance, costo y cronograma.

Cuando el trabajo está bien estructurado, identificado y además cada quién sabe que tiene que hacer, todos los involucrados en el proyecto podrán esperar que los objetivos del mismo se logren a cabalidad.

Un entregable es cualquier salida o resultado tangible y verificable que debe ser producido para completar un proyecto o parte de un proyecto.

Un Paquete de Trabajo es el entregable del nivel mas bajo del WBS, y se usa este término cuando se asigna dicho trabajo a otro responsable para su planificación detallada y ejecución.

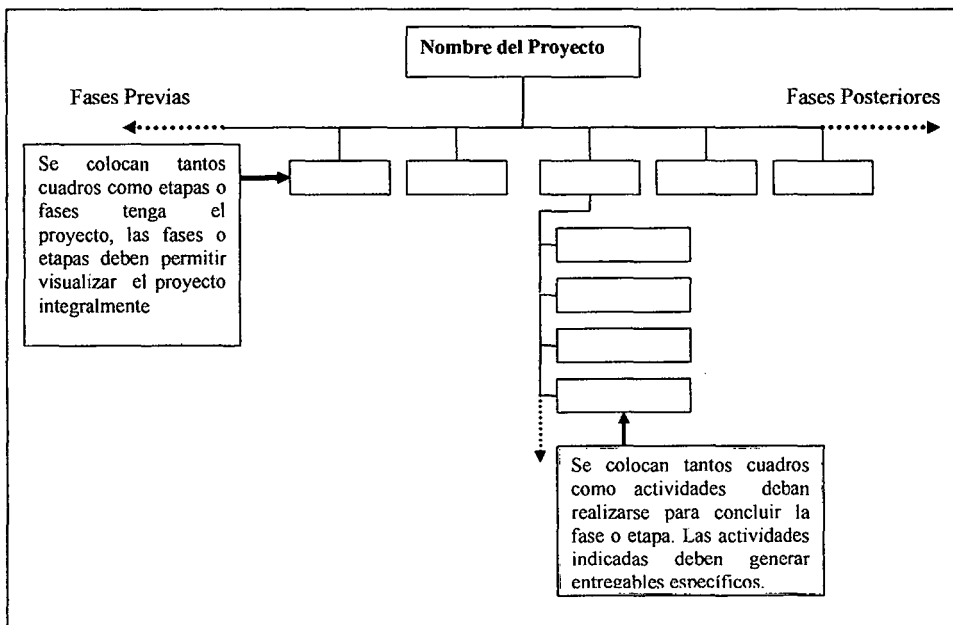


Figura 2.6. Plantilla de la Estructura de Descomposición del Trabajo.  
FUENTE: "Dirección Integrada de Proyectos", Rafael De Heredia.



## (2) Las Curvas de Valor Ganado (Earned Value)

La Curva de Valor Ganado es una técnica muy eficiente para medir con la misma herramienta el desempeño del proyecto, tanto en tiempo como en costo.

La Teoría del valor Ganado es uno de los métodos más usados para la medición del rendimiento (avance y productividad). El cálculo necesita de tres valores, que son tomados del sistema de costos:

- El costo presupuestado del trabajo planificado o CPTP. (metrado planificado x costo planificado)
- El costo real del trabajo ejecutado o CRTE. (metrado real x costo real)
- El costo presupuestado del trabajo ejecutado o Valor Ganado o CPTE. (metrado real x costo planificado)

Estos tres valores tomados en combinaciones, nos dan una medida de si el trabajo ha sido ejecutado según lo planificado o no.

Las medidas más utilizadas son:

La variación del costo:  $VC = CPTE - CRTE$

La variación del avance:  $VA = CPTE - CPTP$

El índice del costo:  $IC = CPTE / CRTE$

El índice del avance:  $IA = CPTE / CPTP$

Si los índices son igual o mayor de 1, significa que estamos dentro o mejor que del presupuesto y del avance planificados. Índices menores de 1 significan un exceso de gastos o un atraso en el avance.

### **(3) La Matriz de Roles y Funciones**

Es frecuente encontrar colaboradores en alguna empresa, que participan continuamente en proyectos sin lograr una integración adecuada de sus funciones para el bien del equipo del proyecto y la empresa. En estos casos los miembros del equipo del proyecto no participa en todo los procesos pues hay responsables encargados de determinada función dentro del proyecto como: requerimiento de materiales, almacén, control de calidad, productividad, pagos de jornales a trabajadores, ventas, valorizaciones, etc.

Al momento de presentarse los problemas, no existe rendición de cuentas a nivel del proyecto, ya que nadie tiene la responsabilidad ni ha asumido el compromiso real de determinada función y la responsabilidad cae directamente sobre la cabeza o director del proyecto.

Debido a este tipo de inconvenientes que suelen presentarse en los proyectos de construcción, es recomendable que el jefe o director del proyecto cuente con la responsabilidad y autoridad requeridas dentro de la organización para facultar y delegar responsabilidades específicas y controlables a los miembros del equipo del proyecto.

Una de las herramientas que ayudan a planificar y lograr dicha integración de funciones es la Matriz de Roles y Funciones, la cual nos permite confirmar con los involucrados clave dónde requerimos que apliquen sus conocimientos y habilidades con el fin de lograr el mejor aprovechamiento del equipo.

La Matriz de Roles y Funciones integra a los involucrados en el proyecto y asegura la distribución adecuada de roles (quién hace qué) y funciones (quién decide qué).

Para elaborar la Matriz de Roles y Funciones, en la columna izquierda se deben incluir las principales funciones del proyecto y en el renglón superior los nombres de los actores o involucrados clave del equipo de proyecto. En cada una de las celdas se incorporan el rol o la responsabilidad por ejemplo: autoriza, participa, coordina, ejecuta, elabora, revisa.

RESPONSABLE / FUNCIONES	E ejecuta, P participa, C coordina, R revisa, A autoriza									
	GERENTE DEL PROYECTO INGENIERO RESIDENTE	INGENIERO ASISTENTE	INGENIERO JUNIOR A	INGENIERO JUNIOR B	INGENIERO JUNIOR C	MAESTRO DE OBRA	CAPATAZ SEGUN ESPECIALIDAD	GUARDIANA	ALMACENERO	ASISTENTE ADMINISTRATIVO
CONSULTAS SOBRE PLANOS			C	C	C	E	E			
ABSOLUCION DE CONSULTAS	C/E	C/P								
METRADO DE MATERIAL	A	R	E	E	E					
REQUERIMIENTO DE OBRA MAYOR	A	E				P	P			
REQUERIMIENTO DE OBRA MENOR	A	R				E	E			
ORDEN DE TRABAJO	R/A	E								
ORDEN DE COMPRA MAYOR	R/A	C				P	P			E
ORDEN DE COMPRA MENOR		A				C	C			E
CONTROL DE PRODUCTIVIDAD		E	P	P	P					
CONTROL DE KARDEX	R/A								E	
GUIAS DE REMISION		R/A								E
FACTURAS	R/E									C
REGISTRO DE HORAS EXTRAS	R/A	E								
CONTROL DE CALIDAD	R/A	A	E	E	E	P	P			
VALORIZACIONES	R/A	E	P	P	P					
CONTROL DE AVANCE DIARIO	R/A	C/P	E	E	E					
ASISTENCIA Y PUNTUALIDAD	R/A							E		
INGRESO/SALIDA EQUIPO, PERSONAL, MAT		C				P	P	E	P	
PROGRAMACION DIARIA	A	E				C/P	C/P			
PROGRAMACION SEMANAL	A	E				C/P	C/P			
PROGRAMACION MENSUAL	A	E				C/P	C/P			
COTIZACIONES Y ANALISIS DE COSTOS	R/A	E								P
SEGURIDAD EN LA CONSTRUCCION	R/A	E	P	P	P	E	E			
MEMORANDUM	A	E								
REPORTES SEMANALES	R/A	E	P	P	P	C	C			
INFORMES A CLIENTES	A							P		E

**Tabla 2.1. Ejemplo de una Matriz de Roles y Funciones  
para un proyecto de construcción en el Perú.**

**Leyenda: E: Ejecuta, C: Coordina, P: Participa, A: Autoriza, R: Revisa.**

**Caso especial: R/A: Revisa y Autoriza.**

#### **(4) La Matriz de Comunicaciones**

El objetivo fundamental de la Matriz de Comunicaciones es lograr una comunicación efectiva entre los involucrados y asegurar la oportuna y apropiada generación, recolección, distribución, archivo y disposición final de la información del proyecto.

La cantidad y el tipo de información que transmitamos depende mucho de las características de los miembros del equipo del proyecto y de su respectivo estilo de dirección, por lo que es necesario planificar los formatos, plantillas y contenidos y las frecuencias de los reportes, así como considerar las personas involucradas en las comunicaciones del proyecto.

La matriz de comunicación se utiliza para mantener informados a los involucrados en el proyecto y asegurar una comunicación efectiva. Facilita la toma oportuna de decisiones y la tranquilidad de los involucrados clave.

DOCUMENTOS \ RESPONSABLE	INGENIERO RESIDENTE	INGENIERO ASISTENTE	INGENIERO JUNIOR	MAESTRO DE OBRA	CAPATAZ SEGÚN ESPECIALIDAD	GUARDIANA	ALMACENERO	ASISTENTE ADMINISTRATIVO
CONSULTAS SOBRE PLANOS	RESPONDE A INGENIERO ASISTENTE	CONSULTA A INGENIERO ASISTENTE	CONSULTA A INGENIERO ASISTENTE	ELABORA PARA ING. JUNIOR	ELABORA PARA ING. JUNIOR			
ABSOLUCION DE CONSULTAS	RESPONDE A INGENIERO ASISTENTE	CONSULTA A INGENIERO RESIDENTE	CONSULTA A INGENIERO ASISTENTE	CONSULTA A INGENIERO ASISTENTE	CONSULTA A INGENIERO ASISTENTE			
METRADO DE MATERIALES	RESPONDE A INGENIERO ASISTENTE	TRANSMITE A INGENIERO RESIDENTE	ELABORA PARA ING. ASISTENTE					
REQUERIMIENTO DE OBRA MAYOR	RESPONDE A ASISTENTE ADMINISTRA.	ELABORA PARA ING. RESIDENTE		CONSULTA A INGENIERO ASISTENTE	CONSULTA A INGENIERO ASISTENTE			TRANSMITE A INGENIERO RESIDENTE
REQUERIMIENTO DE OBRA MENOR	RESPONDE A ASISTENTE ADMINISTRA.	ELABORA PARA ING. RESIDENTE		CONSULTA A INGENIERO ASISTENTE	CONSULTA A INGENIERO ASISTENTE			TRANSMITE A INGENIERO RESIDENTE
ORDEN DE TRABAJO	ELABORA PARA ING ASISTENTE	TRANSMITE A MAESTRO DE OBRA		TRANSMITE A CAPATAZ				
ORDEN DE COMPRA MAYOR	RESPONDE A ASISTENTE ADMINISTRA.	ELABORA PARA ING. RESIDENTE		CONSULTA A INGENIERO ASISTENTE	CONSULTA A INGENIERO ASISTENTE			TRANSMITE A INGENIERO RESIDENTE
ORDEN DE COMPRA MENOR	RESPONDE A ASISTENTE ADMINISTRA.	ELABORA PARA ING. RESIDENTE		CONSULTA A INGENIERO ASISTENTE	CONSULTA A INGENIERO ASISTENTE			TRANSMITE A INGENIERO RESIDENTE
CONTROL DE PRODUCTIVIDAD	RESPONDE A INGENIERO ASISTENTE	ELABORA PARA ING. RESIDENTE	ELABORA PARA ING. ASISTENTE					
CONTROL DE KARDEX	RESPONDE A ALMACENERO						ELABORA PARA ING. RESIDENTE	
GUIAS DE REMISION	RESPONDE A ASISTENTE ADMINISTRA.							TRANSMITE A INGENIERO RESIDENTE
FACTURAS	RESPONDE A ASISTENTE ADMINISTRA.							TRANSMITE A INGENIERO RESIDENTE
REGISTRO DE HORAS EXTRAS	RESPONDE A INGENIERO ASISTENTE	ELABORA PARA ING. RESIDENTE						
CONTROL DE CALIDAD	RESPONDE A INGENIERO ASISTENTE	ELABORA PARA ING. RESIDENTE	ELABORA PARA ING. ASISTENTE	CONSULTA A INGENIERO ASISTENTE	CONSULTA A INGENIERO ASISTENTE			
VALORIZACIONES	RESPONDE A INGENIERO ASISTENTE	ELABORA PARA ING. RESIDENTE	ELABORA PARA ING. ASISTENTE					
CONTROL DE AVANCE DIARIO	RESPONDE A INGENIERO ASISTENTE	ELABORA PARA ING. RESIDENTE	ELABORA PARA ING. ASISTENTE					
ASISTENCIA Y PUNTUALIDAD	RESPONDE A GUARDIAN					ELABORA PARA ING. RESIDENTE		
INGRESO/SALIDA EQUIPO	RESPONDE A GUARDIAN	TRANSMITE A INGENIERO RESIDENTE		CONSULTA A INGENIERO ASISTENTE	CONSULTA A INGENIERO ASISTENTE	ELABORA PARA ING. RESIDENTE		
INGRESO/SALIDA PERSONAL	RESPONDE A GUARDIAN	TRANSMITE A INGENIERO RESIDENTE		CONSULTA A INGENIERO ASISTENTE	CONSULTA A INGENIERO ASISTENTE	ELABORA PARA ING. RESIDENTE		
PROGRAMACION DIARIA	RESPONDE A INGENIERO ASISTENTE	ELABORA PARA ING. RESIDENTE		CONSULTA A INGENIERO ASISTENTE	CONSULTA A INGENIERO ASISTENTE			
PROGRAMACION SEMANAL	RESPONDE A INGENIERO ASISTENTE	ELABORA PARA ING. RESIDENTE		CONSULTA A INGENIERO ASISTENTE	CONSULTA A INGENIERO ASISTENTE			
PROGRAMACION MENSUAL	RESPONDE A INGENIERO ASISTENTE	ELABORA PARA ING. RESIDENTE		CONSULTA A INGENIERO ASISTENTE	CONSULTA A INGENIERO ASISTENTE			
COTIZACIONES Y ANALISIS DE COSTOS	RESPONDE A INGENIERO ASISTENTE	ELABORA PARA ING. RESIDENTE						
SEGURIDAD EN LA CONSTRUCCION	RESPONDE A INGENIERO ASISTENTE	TRANSMITE A INGENIERO RESIDENTE	CONSULTA A INGENIERO ASISTENTE	ELABORA PARA ING. ASISTENTE	ELABORA PARA ING. ASISTENTE			
MEMORANDUM	RESPONDE A INGENIERO ASISTENTE	ELABORA PARA ING. RESIDENTE	TRANSMITE PARA ING. ASISTENTE	TRANSMITE PARA ING. ASISTENTE	TRANSMITE PARA ING. ASISTENTE	TRANSMITE PARA ING. ASISTENTE	TRANSMITE PARA ING. ASISTENTE	
REPORTES SEMANALES	RESPONDE A INGENIERO ASISTENTE	ELABORA PARA ING. RESIDENTE	TRANSMITE PARA ING. ASISTENTE	CONSULTA A INGENIERO JUNIOR	CONSULTA A INGENIERO JUNIOR			
INFORMES A CLIENTES	RESPONDE A INGENIERO ASISTENTE					CONSULTA A ASISTENTE ADMINISTRA.		TRANSMITE A INGENIERO RESIDENTE

**Tabla 2.2. Ejemplo de una Matriz de Comunicaciones para un proyecto de construcción en el Perú.**

**"MODELO DE GESTION DE RIESGOS PARA PROYECTOS DE CONSTRUCCION EN EL PERU"**

**Willy Rafael Vilchez Chumán**

## (5) El Documento de Lecciones Aprendidas

Durante el proceso de ejecución y control de las actividades del proyecto de construcción, al acontecer cambios y condiciones inesperadas surge la oportunidad de aprender de nuestras experiencias y compartirlas con los miembros de nuestro equipo y con los equipos de otros proyectos. Estas lecciones nos servirán para fases posteriores del proyecto y para futuros proyectos, facilitando el proceso de mejora continua.

Las lecciones aprendidas deben ser documentadas adecuadamente en cuanto sucedan. De otra manera podemos correr el riesgo de perder el valor de su oportunidad. Es importante documentar mientras el problema esté presente, porque una vez resuelto o minimizado las consecuencias se suele olvidar el evento que la generó.

Los integrantes del proyecto deben utilizar esta importante herramienta, para ello es recomendable apoyarse dentro de una cultura que no castigue el cometer errores. Si dentro de una organización se castiga duramente cada vez que algún miembro del proyecto falla, entonces los miembros de dicho equipo tratarán de esconder o minimizar los errores cometidos, con la finalidad de no ser sancionados por su descuido o equivocación. Los problemas deben ser solucionados y compartidos para capitalizar la experiencia y documentarla adecuadamente.

Existen múltiples formatos que pueden ser adaptados para documentar las lecciones aprendidas del proyecto. Incluso pueden adaptarse formatos de otras funciones para documentar las lecciones aprendidas del proyecto.

EMPRESA	DOCUMENTO DE LECCIONES APRENDIDAS		FECHA
PROYECTO: RESPONSABLE DEL PROYECTO: ACTIVIDAD ANALIZADA: RESPONSABLE DE LA ACTIVIDAD:			
DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD			
PROBLEMAS OCURRIDOS DURANTE EL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD			
SOLUCION AL PROBLEMA OCURRIDO			

**Tabla 2.3. Formato para documentar las lecciones aprendidas en un proyecto de construcción en el Perú.**

**2.6) Crítica a la “Guía a los Fundamentos de la Dirección de Proyectos”**

Los esfuerzos desarrollados por el PMI representan un avance significativo en el desarrollo de la Gerencia de Proyectos. Sin embargo es importante señalar que los principios del PMBOK contienen ciertas dificultades de

- ☞ aplicabilidad y algunas carencias metodológicas en lo que se refiere a la dirección de proyectos de construcción.

Existe una necesidad inherente de replantear y reformular ciertos criterios y prácticas propuestas por el Project Management Institute, con la finalidad de crear verdaderos mecanismos y prácticas de gestión que nos permitan crear una verdadera ventaja competitiva en las empresas de construcción en el Perú.

En la actualidad muchas empresas tratan de implementar y gerenciar bajo las premisas y los métodos del PMBOK, alineando forzosamente a la toda la organización a seguir y a poner en práctica estos conceptos, algunos de ellos con buenos resultados, pero seguramente con un duro trajinar para lograr el cumplimiento de los tres objetivos fundamentales del proyecto: calidad, costo y plazo de ejecución.

Si bien es cierto que varias de las técnicas y metodologías recomendadas en el PMBOK Guide son necesarias y de mucha ayuda en la práctica de la dirección de proyectos moderna, dentro de esta guía no existen ciertas herramientas relacionadas con el control de la productividad en construcción que son muy necesarias para llevar adelante un proyecto de construcción y que se exploran en esta sección, siendo además aplicadas a un proyecto real de construcción con resultados muy favorables.

### **(1) La verdad oculta en la práctica actual de la Gerencia de Proyectos.**

Recientemente se han publicado varios artículos referidos a la Gerencia de Proyectos y Calidad en la Construcción en la Revista "Costos"; en la primera se hace referencia a la normalización Técnica liderada por INDECOPI y desarrollada a través del Sub Comité Técnico de Normalización de Gestión y Aseguramiento de la Calidad en el Sector de la Construcción (SCTNC) cuya actividad será el estudio de una guía de interpretación/aplicación de la NTP ISO 9001:2001 para el sector de la construcción y también en el desarrollo de la Guía Metodológica de



Gerencia de Proyectos, es decir convertir el PMBOK Guide en Norma Técnica Peruana; de igual forma se plantea las estrategias para afianzar la Cultura de Gerencia de Proyectos en las carreras de ingeniería.

Estos esfuerzos representan un avance significativo en el desarrollo de la Gerencia de Proyectos en nuestro país. Sin embargo considero importante mencionar ciertas falencias y vacíos del PMBOK Guide a las cuales se han desarrollado múltiples críticas por reconocidos investigadores de la construcción y la gerencia, para ver su conveniencia de aplicabilidad en la adopción como NTP y herramienta de utilización en la práctica de la gerencia de proyectos; entonces la pregunta es si ¿realmente el PMBOK Guide nos ayudará a encaminar nuestra empresa para trajar por este camino difícil?, ¿es conveniente la adopción del PMBOK GUIDE como Norma Técnica Peruana y Herramienta de utilización en la práctica de la Gerencia de Proyectos?; la respuesta es incierta y polémica a la vez; pues la difusión del PMI y su PMBOK últimamente está alcanzando niveles sorprendentes de popularidad en todo el mundo, propias de las demandas mencionadas anteriormente en los proyectos, lo cual es meritorio; pero peligroso si se convierte en un dogma o en una verdad absoluta, más aún si sabemos que:

- La concepción de su modelo en la cual se apoyan todas las gerencias y los distintos procesos indicados en el PMBOK Guide requieren una adaptación metodológica a las características propias de la industria de construcción en nuestro país, pues algunas herramientas recomendadas por el PMI se apoyan en modelos simplistas e irreales de la ejecución del trabajo en sí cuando nos referimos al trabajo de construcción.
- Acepta la incertidumbre y la falta de confiabilidad de los trabajos como parte inherente del proceso de ejecución, pero no tiene una herramienta o sistema que garantice la realización del trabajo en la

misma obra.

- No da la importancia debida a los conceptos modernos de gestión de proyectos como el pensamiento "LEAN" y la "Teoría de Restricciones" (TOC) y sus conceptos básicos de capacidad de utilización, la importancia de la variabilidad del flujo y la controvertida contabilidad de costos. Debido a ésto es que en la ejecución del trabajo, el PMBOK se apoya en un sistema de "Empuje" el cual deteriora la comunicación entre el trabajador y la gerencia, propiciando que ambos mantengan objetivos diferentes, lo cual dificulta la importancia de la participación del obrero en programas de mejoramiento continuo y aseguramiento de la calidad, convirtiéndose muchas veces estos conceptos en "flor de un día", pues la realidad es muy distinta a la ilusión de impulsar y mantener el mejoramiento continuo. Adicionalmente es contradictorio con los conceptos modernos de gerencia, como el pensamiento Lean que hace hincapié en "Jalar" y "Empujar" la producción.
- No presenta herramientas que nos permita visualizar e identificar las causas de las pérdidas en los procesos de construcción, si bien las herramientas de Valor Ganado nos permite identificar aquellas partidas que están generando sobrecostos en los proyectos, no nos brinda herramientas prácticas para el mejoramiento de la producción en la construcción lo cual dificulta cualquier pretensión de mejoramiento continuo e implementación de un programa de aseguramiento de la calidad dentro de los procesos constructivos.
- El cronograma de planificación de los trabajos (CPM) falla el primer día de la construcción lo cual conlleva a la reprogramación de los trabajos distrayendo y preocupando a los encargados de obra quienes pierden el interés por la realización del trabajo en campo y cuyo trabajo importante como el dimensionamiento de cuadrillas, la coordinación de materiales, la secuencia de la ejecución de los

trabajos es encargada frecuentemente a los maestros de obra, quienes reciben las órdenes de trabajo de los ingenieros y son los encargados para la ejecución del trabajo o "apagar el incendio" como sea; y más aún son criticados fuertemente cuando el trabajo no se cumple, pero ¿qué hemos hecho nosotros para ayudar a la ejecución del trabajo? ¿Es correcto que estemos en la oficina jugando con números y deseos propios para la ejecución del trabajo, sin ni siquiera ver la realidad? Todo esto merece un entendimiento profundo de lo que hacemos en nuestro trabajo de campo, allí en la obra misma, en donde se gana o se pierde dinero; en donde se genera la riqueza o se lleva a la quiebra a la empresa.

## **(2) La visión particular del PMBOK Guide en la Gerencia de Proyectos.**

La industria de la construcción es organizada en proyectos y actualmente la teoría y la práctica de la producción (realización del trabajo en sí) son influenciadas fuertemente por los conceptos y las técnicas de la gerencia de proyecto. Según el PMI en su publicación "A Guide to the Project Management Body of Knowledge" (PMBOK Guide): "un proyecto es un esfuerzo temporal emprendido para crear un producto o servicio único". La confección (es decir, la producción) de múltiples copias de un producto no encaja en la definición anterior de proyectos. Este enfoque de unicidad del producto y la forma de organización del proyecto ha sido una "restricción" y han dominado el pensamiento de la producción en el ambiente de nuestra industria hasta ahora, desalentando el aprendizaje de otras industrias que no encajan en la definición anterior; es decir el de "no-proyectos" tales como la fabricación de productos en la industria automotriz (Koskela, 1992).

Se dice que la Gerencia del Tiempo describe los procesos requeridos para asegurar la culminación a tiempo del proyecto; el cual consiste en la definición de la actividad, la determinación de secuencia de las actividades, la estimación de la duración de las actividades, el desarrollo y el control del cronograma. El enfoque está enteramente en

la distribución de los objetivos del proyecto a todas las áreas. De igual forma las actividades deben ser definidas para facilitar una división del trabajo y su seguimiento subsiguiente (generalmente un seguimiento contable) de la conformidad de los requisitos. No es mencionado en ningún momento la estructuración del trabajo como un flujo o de definir actividades de modo que "faciliten el funcionamiento real del trabajo y su culminación a tiempo".

El control del cronograma está referido a la gestión de los cambios en el cronograma más que a la ejecución del trabajo programado en la zona de trabajo; así mismo se menciona que la acción correctiva en el área de la Gerencia del Tiempo implica a menudo el agilizar "acciones especiales tomadas para asegurar la terminación de una actividad en el tiempo o con el menos retraso posible"; ¿Pero cuáles son esas acciones especiales?, en muchos casos esas acciones especiales involucran la inyección masiva y apresurada de recursos a través del cual se piensa terminar a tiempo, olvidándose completamente de facilitar el funcionamiento real del trabajo, estabilizando el flujo, minimizando las pérdidas, coordinando los trabajos entre cuadrillas, etc.

La Gerencia de Costos es tratada de la misma manera que la gerencia del tiempo. En tal sentido la pregunta para la gerencia de proyecto permanece; "¿Quién maneja la producción y cómo?".

El PMI señala "Control De Proyectos" como el proceso de comparar la ejecución actual con lo planeado, analizando la variación en el plan, evaluando las posibles alternativas, y tomando las acciones correctivas apropiadas según sea necesario. Este concepto del control del proyecto es muy diferente al "Control de la Producción", que se dedica a motivar circunstancias para adaptar el plan de tal forma de que el trabajo se realice de manera confiable según lo planeado, y a replanear cuando los acontecimientos no pueden ser arreglados. El "Control de Producción" concibe la producción como flujo de materiales y de información entre especialistas, dedicado a la generación del valor para

el cliente y los involucrados en el proyecto (stakeholders).

### **(3) Procesos y Grupos de Procesos en la Gerencia de Proyectos según el PMBOK Guide**

La guía del PMBOK Guide indica que los "Proyectos están compuestos de procesos, y un proceso es una serie de acciones que provocan un resultado. Los procesos del proyecto se ejecutan por personas y generalmente caen en una de dos categorías principales:

- Proceso de la Gerencia de Proyectos que involucra describir, organizar y completar el trabajo del proyecto.
- Los procesos orientados al producto que conciernen en crear y especificar y el producto del proyecto".

Los procesos de la Gerencia de Proyecto se dividen más a fondo en: Proceso de iniciación, planificación, ejecución, control y cierre. Concentrémonos principalmente en las bases de los procesos de planificación, ejecución y control como se indican en la figura.

#### **(a) La Planificación**

La planificación de proyectos es ampliamente descrita desde el punto de vista de las diferentes áreas del conocimiento en PMBOK Guide. Los procesos de planificación son estructurados en procesos esenciales y los procesos de facilitación. Asimismo el PMBOK Guide considera 10 procesos esenciales: planificación del alcance, definición del alcance, definición de actividades, planificación de recursos, determinación de la secuencia de actividades, estimación de la duración de actividades, estimación del costo, desarrollo del cronograma, presupuesto del costo y desarrollo del plan del proyecto (página 31 del PMBOK , 1996).

## **(b) La Ejecución ¿Cómo se ejecuta el plan del proyecto?**

Es la pregunta cuya respuesta es necesaria, para facilitar el trabajo de los gerentes de proyectos, curiosamente el PMBOK Guide (página 33) en esta parte es demasiado abreviado en la descripción de sus procesos. Los procesos de ejecución esenciales no se dividen en sub-procesos.

La única referencia directa del proceso esencial de ejecución del plan del proyecto está relacionada con la GERENCIA DE INTEGRACIÓN DEL PROYECTO el cual en sus herramientas se hace mención a un "Sistema de Autorización del Trabajo" el cual es argumentado en el PMBOK Guide (página 43) de la siguiente manera:

"Un Sistema de Autorización del Trabajo es un procedimiento formal para aprobar el trabajo del proyecto asegurándose así que el trabajo es realizado en el momento oportuno y en la secuencia apropiada. El mecanismo principal para realizar esto, es típicamente una autorización escrita para iniciar el trabajo en una actividad específica o un paquete de trabajo.

El diseño del Sistema de Autorización del trabajo debe balancear la importancia del control proporcionado con el costo de ese control. En muchos proyectos más pequeños, las autorizaciones verbales serán las adecuadas".

Es necesario indicar que las otras herramientas que se presentan para la ejecución del Plan del Proyecto son las siguientes: Habilidades de Administración General, Habilidades y Conocimientos del Producto, Sistema de Autorización del Trabajo, Reuniones de revisión de estado, sistema de información de la Gerencia de Proyectos, Procedimientos organizacionales. Curiosamente el resultado del uso de estas herramientas es:

- **Resultado del Trabajo**, los cuales son los resultados de las actividades realizadas para lograr el proyecto, cuyo informe incluirá que entregables se han culminado y cuales no. Dichos resultados del trabajo producen propuestas de cambio que son explicadas a continuación.
- **Propuestas de Cambio**, en la cual se extenderá o acortará el alcance del proyecto, modificar costos, cronogramas, etc.

Lo anterior muestra claramente la gran incertidumbre en la cual se desarrolla actualmente la gerencia de proyectos, y la aceptabilidad de esta incertidumbre como parte del desarrollo del proyecto, el cual se pretende frenar con el uso de la Gerencia de Riesgos. Sin embargo, el PMBOK Guide no presta mucha atención ni tiene herramientas para la ejecución y generar una confiabilidad adecuadamente del trabajo.

### (c) El Control

Los procesos esenciales del proceso de control se dividen en dos sub-procesos: el reporte de desempeño (performance) y el control integral de cambios. De acuerdo con el primer proceso esencial, el reporte de desempeño reúne y distribuye la información del desempeño del proyecto, esto incluye reportes del estado actual, medidas del avance y pronósticos; y de acuerdo al segundo proceso esencial, el control de cambios integral coordina los cambios a través de todo el proyecto.

### (d) Gerencia de la Integración

Es fácil ver que los procesos primarios forman un bucle cerrado: los procesos de planeamiento proporcionan un plan, que es ejecutado

por los procesos de ejecución, y las variaciones con la referencia o los pedidos de cambio conducen a las correcciones en la ejecución o a los cambios en otros planes. Se enfatiza en el PMBOK, que los procesos de la Gerencia de Proyectos interactúan y se traslapan de manera no detalladas en el PMBOK Guide.

Especialmente, la gerencia de integración del proyecto se refiere a la aplicación integradora de los tres procesos, el "desarrollo del plan del proyecto", la "ejecución del plan del proyecto" y el "control integral de cambios".

La Gerencia de Proyecto según lo enseñado por la sociedad de profesionales y aplicada en las prácticas actuales, debe ser cambiada porque actualmente son inadecuados y su funcionamiento continuará deteriorándose mientras los proyectos sean inciertos, complejos y exigidos por la rapidez de entrega (proyectos fast track).

#### **(4) Deficiencias en la Gerencia de Proyectos difundida por el PMI**

La formulación actual de la gerencia de proyectos son deficientes en su suposición y la teoría. A continuación se incluyen las deficiencias de ciertas suposiciones sobre la gestión de proyectos:

- **La incertidumbre en cuanto a alcance y métodos es alta.** En efecto, la incertidumbre en los proyectos es a menudo muy alta y sujeta a cambios continuos y muchas veces muy drásticos.
- **Las relaciones entre las actividades son simples y secuenciales.** La realidad en que se realizan los proyectos de construcción es mucho más compleja; las actividades son a menudo interdependiente del significado de su acción y cada una afecta a la otra. La presión por la rapidez del trabajo aumenta la interacción así como el número de actividades en curso, al mismo



tiempo que éstas se incrementan.

- **El control se realiza comparando los resultados de las actividades con el plan inicial, y los resultados pueden ser mejorados, mejorando las actividades.** En realidad, esta forma de control genera trabajadores que solamente hacen su trabajo sin tener en consideración si se va a afectar el trabajo de otras personas. Muchas veces debido a la fuerte interrelación y dependencia entre las actividades de construcción, el hecho que alguna de las cuadrillas de trabajo tenga un desempeño superior a las demás no necesariamente produce una mejora en cuanto al desempeño global del proyecto.
- **Separación de la Planificación y la Ejecución del Trabajo.** Según lo mencionado anteriormente y de acuerdo a los gráficos de procesos del PMBOK Guide la planificación y la ejecución "parecen" estar muy relacionadas, sin embargo en la práctica esto es irreal. Pues nuestra industria de la construcción está fragmentada seriamente, debido a que aquellos que planean y proyectan el trabajo están física y organizativamente separados de aquéllos que son responsables de la construcción del proyecto. Incluso dentro de esto, el equipo de construcción se divide aún más en grupos de subcontratistas y de proveedores o abastecedores. Esta estructura no sólo inhibe la retroalimentación eficaz de la información y aprendizaje, sino que desanima la aplicación de nuevas herramientas de gestión que indudablemente beneficiarían a la industria como un todo.
- **La Gerencia de la Producción no es una preocupación de primer nivel para la Gerencia del Proyecto.** El PMBOK Guide no hace ninguna referencia a la gerencia de la producción solo indica que "el gerente del proyecto crea el ambiente donde la producción puede ser manejada", pero el ambiente mencionado es realizado solamente como una serie de actividades. Dentro de la gerencia de

proyectos de construcción, la gestión de la productividad es un proceso clave para incrementar

- **La industria de la Construcción se lleva a cabo bajo una planificación global del trabajo o paquetes "supuestamente controlables en el tiempo y el costo"**. Al respecto el PMBOK Guide no hace ninguna referencia de **¿Cómo se realizará el trabajo?**, esto es posible apreciarlo en la figura mostrada anteriormente en el Proceso de Ejecución el cual ya fue abordado pero sin embargo es preciso hacer hincapié en las técnicas que usa para la ejecución del plan (ver pag 41 del PMBOK):
  - Habilidades de la Administración General (liderazgo, comunicación y negociación para una efectiva ejecución del proyecto)
  - Habilidades y conocimientos del producto.
  - Sistema de "Autorización del Trabajo" (es básicamente un Procedimiento que sanciona el trabajo del proyecto para asegurar que el trabajo se realice en forma correcta)
  - Reuniones de revisión de estado (Ayudan a intercambiar información sobre el proyecto)
  - Sistemas de información de la Gerencia de Proyectos.
  - Procedimientos Organizacionales.

Pero la pregunta sigue latente: **¿Cómo se realizará el trabajo?**, **¿Cuál de estas herramientas me ayudará a hacerlo?**; sin embargo según el PMBOK Guide el resultado de la aplicación de estas herramientas nos darán el "Resultado del Trabajo" y "Las propuestas de Cambio". Muchas personas pensarán que este punto no tiene importancia y que queda sobreentendido que la "EXPERIENCIA" hará que este plan sea desarrollado, ¿Pero jóvenes como nosotros, cuántos años tendremos que esperar para poder gerenciar un proyecto?, ¿Cuántas veces tendremos que caer para aprender todo lo que un gerente de "experiencia" supuestamente sabe?, ¿Gerenciar bajo el contexto del

PMBOK realmente es la mejor práctica profesional?; o tal vez la solución al problema es "UN BUEN MAESTRO DE OBRA". Lo cierto es que frecuentemente no se hace un esfuerzo para organizar y planear el trabajo de las cuadrillas individuales, muchos suponen que el capataz de la cuadrilla logrará el uso más eficiente de la mano de obra, materiales y equipo; esta percepción suele conducir a un aumento de costos ya que aunque algunos capataces indudablemente tienen habilidades organizativas excelentes, la mayoría de ellos no las tienen.

En comparación al PMBOK Guide, la evidencia empírica proporciona una visión muy diferente en la gerencia de proyecto. El PMBOK Guide sugiere que las tres funciones de la gerencia formen un bucle cerrado. Por el contrario, la evidencia empírica indica que éstos están desconectados en las interfases críticas entre estas funciones:

- El planeamiento no se hace para la ejecución sino para otros propósitos; el sistema de planeamiento de la producción (en el caso de proyectos de construcción se refiere a la planificación de la construcción) no está bajo control.
- La ejecución no intenta realizar planes.
- El control conduce a impactos negativos en la ejecución, más que a la corrección de los problemas que se suscitan en la labor diaria de la obra.

Todas estas anomalías generadas en el ciclo de vida de los proyectos de construcción se deben a las siguientes causas fundamentales:

- Primero, no podemos excluir la posibilidad que la pobre implementación de los principios de Gerencia de Proyecto es la razón en algunos casos.
- En segundo lugar, la razón puede ser relacionada a una teoría

escasa de proyectos principalmente a la caracterización real de los mismos (basados en la producción). El PMBOK Guide sugiere que un proyecto es una serie de actividades secuencialmente relacionadas, cuando en realidad, las actividades dentro de nuestros proyectos de construcción son a menudo interdependientes. Los planes preparados bajo este sistema y ajustados por el control no pueden hacer frente al efecto combinado de múltiples cambios que interactúan recíprocamente durante la puesta en marcha de nuestros proyectos.

- Finalmente la concepción del PMBOK Guide "actividades secuencialmente relacionadas", da lugar a proyectos que están "fuera de control" simplemente debido a los efectos acumulativos de cambios e impactos en el desarrollo del trabajo en la realidad.

#### (5) La fundamentación teórica de la Gerencia de Proyectos según el PMBOK

Recientemente Greg Howell y Glenn Ballard (2002) han precisado la fundamentación teórica de la Gerencia de Proyectos expuesta en el PMBOK del PMI. Esta fundamentación teórica es dividida en una "Teoría del Proyecto" y una "Teoría de Gerencia".

TIPO DE TEORÍA		TEORÍA
<b>Proyecto</b>		<b>Transformación</b> (Proyecto conceptualizado como una transformación de Inputs a Outputs)
<b>Gerencia</b>	<b>Planificación</b>	<b>Gerencia como Planificación</b> (A nivel de operaciones consiste en la creación, revisión e implementación de los planes)
	<b>Ejecución</b>	<b>Teoría de Comunicación Clásica</b> (Las tareas planeadas pueden ser ejecutadas por una notificación de su inicio)

	<b>Control</b>	<b>Modelo Clásico</b> (Hay un estándar de desempeño, el desempeño es medido al final de la operación; las posibles variaciones entre el estándar y el valor medido es usado para corregir los procesos.)
--	----------------	--

**Tabla 2.4. Fundamentación teórica de la Gerencia de Proyectos** expuesta en el PMBOK Guide. FUENTE: "The Underlying Theory of Project Management is Obsolete". Lauri Koskela y Greg Howell.

Así mismo basados en la comprensión proporcionada por estas teorías y en la evidencia empírica dan a conocer las asunciones ocultas de la fundamentación teórica de la Gerencia de Proyectos. Desafortunadamente, muchas de estas asunciones son válidas solamente en situaciones excepcionales. Estas asunciones incorrectas conducen directamente a varias clases de problemas en la práctica de la gerencia de proyectos.

Basados en estas evidencias, argumentan que la actual fundamentación teórica es obsoleta y debe ser substituida por una fundamentación teórica más amplia y robusta; en tal sentido una transformación de la disciplina de Gerencia de Proyectos es necesaria.

<b>Teoría de Proyecto</b>	<p><b>Conceptualización:</b> Un proyecto es una transformación de Inputs a Outputs.</p> <p><b>Principios:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 La transformación total de un proyecto puede ser descompuesta en sub transformaciones manejables y entendibles, conocidas como tareas.</li> <li>2 Un proyecto puede ser realizado de la mejor manera, por la realización óptima de cada tarea y el secuenciamiento óptimo de éstas.</li> </ol> <p><b>Corolario:</b> El desempeño del proyecto puede ser mejorado por el mejoramiento de las tareas.</p>
---------------------------	--

		<p><b>Asunciones:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Las tareas son independientes, excepto sus relaciones secuenciales.</li> <li>2 Las tareas son moderadas y limitadas.</li> <li>3 La incertidumbre en cuanto a requerimientos y tareas es baja.</li> <li>4 Todo el trabajo es descompuesto en paquetes manejables y controlables de arriba hacia abajo.</li> <li>5 Los requerimientos existentes pueden ser descompuestos junto con trabajo.</li> </ol>
<p><b>Teoría de Gerencia</b></p>	<p><b>Teoría de Planificación</b></p>	<p><b>Conceptualización:</b> Hay una parte Gerencial y una parte Ejecutora en el proyecto; la principal función de la parte gerencial es la planificación, y la principal función de la parte ejecutora es la transformación de los planes resultantes en la acción o realización del trabajo.</p> <p><b>Principios:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Conociendo la realidad actual y el estado de las metas deseadas, pueden deducirse las acciones y los planes de trabajo.</li> <li>2 El plan es realizado por la parte ejecutadota de la organización.</li> </ol> <p><b>Asunciones:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Traducir un plan en acciones es un proceso simple.</li> <li>2 La planificación interna de una tarea es asunto de la persona a quien se ha asignado la tarea.</li> </ol>

	<p><b>Teoría de Ejecución</b></p>	<p><b>Conceptualización:</b> Gerencialmente, la ejecución consiste en enviar tareas a las estaciones de trabajo.</p> <p><b>Principios:</b> Cuando, de acuerdo al plan, ha llegado el tiempo para comenzar la ejecución de una tarea, esta es autorizada para comenzar de forma verbal o escrita.</p> <p><b>Asunciones:</b> 1 La entrada de información a las tareas y los recursos para la ejecución de los trabajos están listos en el momento de la autorización. 2 La planificación interna de una tarea es asunto de la persona a quien se ha asignado</p>
	<p><b>Teoría de Control</b></p>	<p><b>Conceptualización:</b> Hay un proceso que será controlado, un estándar de desempeño, el desempeño es medido al final de la operación; las posibles variaciones entre el estándar y el valor medido es usado para corregir los procesos.</p> <p><b>Principio:</b> La variación entre el estándar y el valor medido se utiliza para corregir el proceso para poder alcanzar el estándar.</p> <p><b>Asunciones:</b> 1 El proceso puede ser corregido fácilmente por el control disponible.</p>

**Tabla 2.5. La fundamentación teórica y las asunciones de la Gerencia de Proyectos usadas por el PMBOK. FUENTE: "The Underlying Theory of Project Management is Obsolete". Lauri Koskela y Greg Howell.**

**(6) Una exploración hacia una nueva fundamentación teórica de la Gerencia de Proyectos**

Basado en un análisis de las debilidades de la fundamentación actual de la gerencia de proyectos difundida por el PMI y considerando una

serie de teorías y métodos relevantes, Lauri Koskela y Greg Howell proponen "como un buen punto de inicio" incluir los conceptos y tendencias descritas en la siguiente tabla para iniciar una nueva fundamentación de la gerencia de proyectos.

TIPO DE TEORÍA		TEORÍA RELEVANTES
Proyecto		<p><b>Transformación.</b></p> <p><b>Flujo.</b> (Consideración del tiempo, de la variabilidad. El uso del Last Planner como método de control de la producción encaja perfectamente como herramienta)</p> <p><b>Generación del Valor.</b> (satisfacción al cliente)</p>
	Planificación	<p><b>Gerencia como Planificación.</b></p> <p><b>Gerencia como Organización.</b> (Agrega la idea de la actividad humana como una necesidad inherente para la planificación; así, la planificación debe también centrarse en la estructuración del ambiente para contribuir a un determinado objetivo. El uso del "look ahead planning" del Last Planner encaja perfectamente como herramienta)</p>



<b>Gerencia</b>	<b>Ejecución</b>	<p><b>Teoría de Comunicación Clásica.</b></p> <p><b>Perspectiva del Lenguaje/acción</b> (conceptúa la comunicación y la consolidación de dos vías, en vez de la comunicación unidireccional mera de la teoría de comunicación clásica; aquí la participación de la cuadrilla en la planificación y el compromiso de estos de estos para su cumplimiento es un ejemplo).</p>
	<b>Control</b>	<p><b>Método Clásico.</b></p> <p><b>Modelo de Experimentación Científica.</b> (Se centra en encontrar causas de desviaciones y actuar en esas causas, en vez de solamente cambiar el nivel de funcionamiento para lograr una meta predeterminada en caso de una desviación; característico del modelo clásico)</p>

**Tabla 2.6. Componentes de una nueva fundamentación teórica de la Gerencia de Proyectos. FUENTE: "The Underlying Theory of Project Management is Obsolete". Lauri Koskela y Greg Howell.**

Si bien los argumentos de Lauri Koskela y los seguidores de Lean Construction son técnicamente correctos al criticar las deficiencias de la fundamentación teórica de la Dirección de Proyectos difundida por el PMI (desde el punto de vista de la planificación, ejecución y control de operaciones), también creo conveniente resaltar que la Teoría de Lean Construction es una teoría muy limitada para ser considerada como el nuevo paradigma para una nueva fundamentación teórica de la dirección de proyectos.

Los estudiosos de Lean Construction simplifican de una manera reduccionista la teoría de proyectos, ya que se acepta el paradigma de las máquinas como el camino a seguir para gestionar los proyectos. Si

bien las máquinas pueden ser perfeccionadas mediante la aplicación de la técnica; las máquinas pueden ser bien definidas a través de la investigación de sus partes, las máquinas pueden ser reparadas; se debe entender que los principios para dirigir un equipo de personas y encaminarlas hacia la búsqueda de objetivos individuales comunes y organizacionales son diferentes que los principios aplicados para manejar las operaciones en nuestras fábricas.

Koskela y Howell cometen tres errores graves. En primer lugar ellos aceptan que la dirección de proyectos es un caso especial de la producción y discuten los "supuestos errores" de la teoría de proyectos actual a través de los principios de "flujos" y "generación de valor", los cuales conforman el paradigma actual de la teoría de producción moderna. Como segundo error Koskela y Howell definen el planeamiento, ejecución y control como tres procesos separados y concatenados uno detrás de otro, y no yuxtapuestos, como los define la teoría de dirección de proyectos moderna. Y la tercera y más notable deficiencia radica en la ausencia del factor humano dentro del análisis propuesto, es decir no se analiza la influencia del aprendizaje, la innovación, el stress, las interrelaciones personales, la motivación y todo el conjunto de influencias conductuales individuales y de grupo que pueden coexistir en el ambiente de trabajo propio de los proyectos de construcción.

Podríamos concluir que si bien la teoría de dirección de proyectos propuesta por el Instituto de Dirección de Proyectos (PMI), recogida y difundida en sus estándares y publicaciones, no provee un panorama completo sobre todas las necesidades actuales de la dirección de diferentes tipos de proyectos, tampoco podemos afirmar que el paradigma de la producción debe ser el punto de partida para la generación de una nueva teoría para la dirección de proyectos. Hace falta ampliar el campo de conocimientos en cada una de estas especialidades, que luego nos llevará a encontrar una convergencia de ideas y principios entre ambas teorías, con la finalidad de generar

organizaciones orientadas a llevar a cabo proyectos de una manera eficiente, es decir proyectos capaces de satisfacer las necesidades de todos los involucrados, incluyendo la sociedad misma, razón de ser de todo esfuerzo humano individual y colectivo.

## **Capítulo III**

### **La Gestión de Riesgos del Proyecto**

### 3) Capitulo III: La Gestión de Riesgos del Proyecto

La Gestión de Riesgos es una de las áreas de conocimientos menos aplicadas formalmente a la dirección de proyectos de construcción. Se requiere entender, difundir y poner en práctica los conceptos de la Gestión de Riesgos en la industria de la construcción en el Perú. Aquellos proyectos en los que se aplica correctamente la Gestión de Riesgos tienen una gran probabilidad de cumplir con los objetivos del proyecto (costo, plazo y calidad), ya que estarán preparados para enfrentar la "variabilidad" inherente en todo proyecto. Con una cultura de gestión de riesgos se podrá predecir con cierto nivel de precisión cuáles serán los impactos beneficiosos, así como también los impactos adversos al sistema de objetivos antes mencionado.

La gestión de riesgos es sin duda el tema que más se ha desarrollado en tiempos recientes en cuanto a la dirección de proyectos, ya que manejar un proyecto sin evaluar los posibles riesgos involucrados en el mismo, sin tomar las acciones necesarias para su prevención, control y mitigación, es prácticamente un suicidio.

A pesar de esta realidad, en nuestro país la gestión de riesgos en la construcción es un campo muy poco estudiado, es por esto que vemos en nuestras obras los múltiples problemas que ocurren por no aplicar una metodología adecuada de gestión de riesgos en la ejecución de nuestras obras de infraestructura.

Definamos lo que es un **RIESGO**. Los riesgos son eventos o situaciones futuras que existen fuera del control del equipo de proyecto y que tendrán un impacto positivo (oportunidad) o negativo (amenaza) en los objetivos del proyecto si es que ocurren.

Tenemos que tomar en cuenta que todos los riesgos no son necesariamente malos. La Gestión de Riesgos no se trata solamente de evitar problemas. La gente cree que la mitigación es el único camino a seguir para minimizar o reducir

riesgos, pero debemos entender que existe una relación entre riesgo y oportunidad. Si nosotros mitigamos todos los riesgos de nuestro proyecto, es muy probable que, sin quererlo, también eliminemos algunos de los potenciales beneficios.



**Figura 3.1. Riesgos vs Oportunidades (del autor)**

Una de las áreas de conocimiento del PMBOK que cambió más en la versión 2000 es la Gestión de Riesgos en los Proyectos.

Los proyectos tienen la característica de ser emprendimientos únicos, con equipos de gente que quizás no han trabajado antes juntos, con alcances no definidos con precisión, en un entorno cambiante.

Hay que entender que además del control adecuado de presupuesto, una dirección de proyecto eficaz trata de resolver otros dos problemas muy comunes en las obras de construcción: la poca fiabilidad en los plazos de ejecución y la mala calidad de la construcción, lo que obliga a reparaciones posteriores y por lo tanto a pérdidas en el proyecto.

Dada la situación mencionada en el párrafo anterior, tenemos dos opciones:

- (1) No hacer nada, o
- (2) definir y aplicar una metodología para la gerencia de los riesgos en los

proyectos.

En base a todo lo dicho anteriormente y tomando en cuenta que la definición y la planificación de los proyectos de construcción se sustentan sobre hipótesis y afirmaciones acerca de un futuro altamente incierto, se puede concluir que **todos los proyectos de construcción están sujetos a la incidencia de una serie de factores que pueden introducir VARIABILIDAD a lo largo de su ciclo de vida**. El elevado nivel de incertidumbre presente en el entorno de los proyectos de construcción afecta el proceso normal de toma de decisiones dentro de una organización. Específicamente, la incertidumbre influye de sobremanera en la puesta en marcha de las obras de construcción ocasionando que la complejidad del proceso de toma de decisiones estratégicas se incremente.

Es por eso que resulta muy común en nuestro medio observar la reducción de las utilidades generadas por nuestros proyectos de construcción debido a la variación de las suposiciones que sustentaron la aprobación inicial del mismo. Frente a este panorama de incertidumbre y de variabilidad, **es necesario que el administrador del proyecto posea una "ACTITUD PROACTIVA"** que le permita lidiar con el riesgo para poder proteger al proyecto de situaciones adversas al cumplimiento de su sistema de objetivos (calidad, costo y tiempo).

La Gestión de Riesgos de un Proyecto es un subsistema dentro de la Dirección de Proyectos, que incluye los procesos necesarios de planificación, identificación, análisis y respuesta a los riesgos del proyecto. Esto incluye maximizar las probabilidades y consecuencias de los eventos positivos u oportunidades de nuestro proyecto y minimizar las probabilidades y consecuencias de los eventos adversos o riesgos de nuestro proyecto.

El presente trabajo de investigación realiza una adaptación metodológica de la gestión estándar de los riesgos de un proyecto de construcción en el Perú, proponiendo un modelo de gestión aplicable a las características intrínsecas de las obras en nuestro país, tomando en cuenta las condiciones y los problemas más comunes de la industria de la construcción en nuestro medio.

### 3.1) Naturaleza de los proyectos

Todo proyecto está compuesto por la interacción de una serie de actividades que tienen que ser ejecutadas en un tiempo definido y con un presupuesto limitado. Si bien es cierto que al inicio de todo proyecto se debe tener muy bien definido el objetivo o el sistema de objetivos a cumplir, ningún proyecto puede ser totalmente definido desde un inicio. Esto debido a que todo proyecto se ejecuta en un entorno en el cual existen múltiples factores que retan permanentemente el logro de sus objetivos fundamentales como por ejemplo: el cumplimiento de las especificaciones técnicas (calidad), plazo de ejecución (tiempo) y presupuesto predeterminado (costo).

Es una realidad a nivel internacional que la gran mayoría de proyectos no terminan en los plazos previstos y suelen superar los presupuestos originales.

Un reciente estudio (Meyer, 1998) realizado en los Estados Unidos, reporta que sólo el 37% de los grandes proyectos de tecnología de la información terminaron en el plazo y sólo el 42% se cerraron con el costo presupuestado originalmente.

En otras disciplinas con más años de ejercicio profesional, en los cuales el cambio de tecnología no es permanente, el porcentaje de proyectos con éxito son mayores, pero los mayores problemas para lograr los objetivos son de otra índole. Por ejemplo en ingeniería civil, en los proyectos que se refieren a la construcción de viviendas, la profesión ha logrado acumular un mayor conocimiento e incorporarlos a la práctica en la ejecución de proyectos.

A pesar de ello, la competencia obliga a las empresas constructoras a introducir nuevos métodos constructivos para reducir costos y plazos los cuales generan riesgos dentro del presupuesto del tiempo de ejecución del proyecto, que de no ser administrados correctamente incrementa el



porcentaje de fracasos en el sector. Si bien en esta disciplina de ingeniería, el porcentaje de proyectos con éxito es mayor que en tecnologías de la información, las estadísticas de éxitos todavía no llegan a cubrir a todos los proyectos.

A pesar de que esta realidad evidente parece insuperable, aplicando con criterio el conjunto de principios propuestos en el presente trabajo de investigación, se ha logrado disminuir el tiempo de ejecución del proyecto y mantener los niveles de generación de utilidades del proyecto de análisis, con el consiguiente beneficio para los clientes, contratistas, ejecutores y demás stakeholder en general. En Latinoamérica, tenemos algunas empresas constructoras consultoras y del sector financiero que aplicando los principios de gestión de riesgos del PMBOK han logrado terminar en el plazo previsto sus proyectos (inclusive antes del plazo), dentro del costo presupuestado y cumpliendo las especificaciones técnicas predeterminadas para su realización.

Si bien a la fecha el número de proyectos exitosos es muy reducido, lo importante es que confirman que ese resultado de aplicar en forma práctica los principios y conocimientos de clase mundial que difunde el PMI (Project Management Institute).

Para obtener beneficios inmediatos de la aplicación de los subprocesos propuestos por el PMBOK se requiere el compromiso y disciplina de la dirección, personalizando los entregables de la gerencia de proyectos de acuerdo al tipo de proyecto que ejecutamos. En la versión del PMBOK Guide 2000, el proceso de la gestión de riesgos fue el de mayor cambio lo cual ha significado un mejor entendimiento de ese proceso.

El presente trabajo de investigación propone un modelo que permite integrar los procesos de la gestión de riesgos aplicando el RBS (Risk Breakdown Structure). Asimismo después de integrar al interior de la gestión de riesgos, propone integrarse a la gestión del alcance con el objetivo de un mejor análisis del riesgo y en particular dimensionar el

impacto del riesgo en cada entregable del proyecto.

### 3.2) La importancia de la Gestión de Riesgos

La gestión de riesgos es una de las clave del éxito en la dirección de proyectos moderna, ya que atender anticipadamente los elementos que generan oportunidades o riesgos para el proyecto, es uno de los factores críticos para cumplir con los objetivos del mismo.

Tener una metodología para manejar las oportunidades y los riesgos de la construcción, adecuada a nuestra realidad nacional, tendría un impacto positivo en la administración de nuestras obras, ya que le haríamos frente a la incertidumbre que existe en todo proyecto, manejando de una manera sistémica los procesos orientados a identificar, analizar y responder a los riesgos del proyecto. De esta manera, el director del proyecto podrá enfocarse en las actividades críticas y más riesgosas del proyecto, teniendo ya planificado quiénes participarán en los procesos ya definidos de prevención, mitigación y control de riesgos en dichos eventos, mejorando de una manera eficaz la consecución de los objetivos del proyecto en cuanto a alcance, costo y tiempo y disminuyendo considerablemente las actividades de "apagar incendios" cada vez que se presente un evento inesperado.

Mediante la puesta en práctica de una metodología adecuada, como es el estándar mundial de la dirección de proyectos cuyos fundamentos se encuentran en la Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (PMBOK Guide: Guide to Project Management Body of Knowledge), el presente trabajo de investigación busca una adaptación metodológica adecuada de la gestión estándar de los riesgos aplicada específicamente a los problemas comunes en los proyectos de construcción en el Perú, creando un modelo de gestión adecuado tomando en cuenta las condiciones y los problemas más comunes de la actividad constructora en nuestro medio.

### 3.3) Procesos de la Gestión de Riesgos

Tanto las entradas, como las salidas para el proceso de gestión de riesgos del PMBOK, tienen una definición general de su alcance y contenido, sin embargo, el PMBOK sugiere que cada organización pueda diseñar e implementar la información que sea útil para cada proyecto.

Nuestro análisis ha identificado que pueden integrarse en nuestro modelo las mayorías de las entradas y salidas en sus formas de plantillas y formatos. El modelo debe permitir la integración, utilización, reutilización y enriquecimiento de toda la información de entrada y salida principalmente en formatos y plantillas.

En el cuadro siguiente se listan las entradas y salidas que pueden incluirse en el modelo de integración de los datos de riesgos para el caso de los primeros subprocesos de planificación e identificación de los riesgos de nuestro proyecto de construcción.

Para el subproceso de la planificación del riesgo, la entrada es un conjunto de formularios para el plan de gestión de riesgos. Si este formulario puede ser adquirido como base de datos de riesgos de la organización incluyendo información precargada por el Know How de la empresa, información histórica de cómo se planearon otros proyectos, recomendaciones de expertos y otros, el trabajo se simplifica para el equipo del proyecto.

El equipo se concentrará por lo tanto a identificar riesgos especiales y a personalizar el formato al proyecto en particular. Así, la edición del plan de gestión de riesgos puede realizarse en tiempos muy reducidos con el consiguiente incremento del desempeño del equipo del proyecto y la reducción del tiempo y costo del subproceso de planificación de riesgos.

El mismo análisis se ha realizado para todas las otras entradas y salidas de

los otros cuatro subprocesos de la gestión de riesgos y ha sido posible integrar todos estos procesos en nuestro modelo de gestión de riesgos para proyectos de construcción en el Perú.

ITEM	SUBPROCESOS DE LA GERENCIA DE RIESGOS
<b>11.1</b>	<b>Planificación de la Gestión de Riesgos</b>
<b>Entradas</b>	Acta del Proyecto
	Políticas de Gestión de Riesgos de la Organización
	Roles y Responsabilidades
	Tolerancias al Riesgo de los stakeholders
	Formularios para el Plan de Gestión del Riesgo
	Estructura de Descomposición del Trabajo
<b>Salidas</b>	Plan de Gestión del Riesgo
<b>11.2</b>	<b>Identificación de los Riesgos</b>
<b>Entradas</b>	Plan de Gestión del Riesgo
	Salidas de Planificación del Proyecto
	Categorías de Riesgo
	Información Histórica
<b>Salidas</b>	Riesgos identificados
	Disparadores
	Entradas para otros procesos

**Tabla 3.1. Entradas y Salidas de dos subprocesos de la Gestión de Riesgos. FUENTE: PMBOK Guide. Edición 2000.**

**(1) Planificación de la Gestión de Riesgos. El uso del RBS (Risk Breakdown Structure) o Estructura de Descomposición de Riesgos**

La planificación de los riesgos consiste en definir la metodología que se aplicará con el fin de administrar los riesgos del proyecto así como asignar los recursos necesarios para dicho grupo de actividades.

Es importante planificar los procesos de gestión del riesgo que siguen, para asegurar que el nivel, el tipo y la visibilidad de la gestión del riesgo estén en proporción tanto con los riesgos como con la importancia del proyecto para la organización.

Entre las técnicas y herramientas a utilizar para la planificación de la gestión de riesgos tenemos las reuniones de planificación para el manejo del riesgo. En estas reuniones se elabora el plan de gestión de riesgos del proyecto, tomando en cuenta diversas entradas como la Estructura de Descomposición del Trabajo (WBS: Work Breakdown Structure), formularios o plantillas estándar desarrollados por la organización, etc.

La forma estructurada de mostrar todos los entregables usando el WBS ha demostrado con su aplicación los grandes beneficios que se logran. En el caso de los riesgos, una simple lista (un solo nivel de estructuración) de las fuentes de riesgos no proporciona la riqueza de una estructura de mayores niveles. A similitud del WBS, el Doctor David Hillson explica que: “El RBS es la demostración más obvia del valor de estructurar todo el trabajo a ser realizado en un proyecto. El RBS es una agrupación orientada a la fuente de los riesgos del proyecto que organiza el total de los riesgos a los cuales está expuesto el proyecto. Cada nivel descendiente representa un incremento de la definición detallada de las fuentes de riesgo del proyecto. El RBS es, por lo tanto, una estructura jerárquica de las fuentes de riesgo del proyecto. El valor del WBS descansa en su habilidad para definir todo el alcance del trabajo a ser ejecutado en el proyecto. En forma similar el RBS puede ser una invaluable ayuda para entender los riesgos que puede enfrentar el proyecto. Así como el WBS forma la base para muchos aspectos del proceso de gerencia de proyectos, el RBS puede ser usado para estructurar y guiar el proceso de la gerencia del riesgo”.

El Risk Management Specific Interest Group of the Project Management

Institute (PMI Risk SIG) y el Risk Management Working Group of the International Council on Systems Engineering (INCOSE RMWG) han producido una lista estructurada de las áreas universales de riesgos que puede aplicarse a cualquier tipo de proyecto en cualquier sector de la industria, gobierno o actividad comercial (Hall y Hullet, 2002). Esta estructura recomendada puede ser visualizada a continuación.

NIVEL CERO	NIVEL UNO	NIVEL DOS	NIVEL TRES
RIESGOS DEL PROYECTO	GERENCIA	CORPORACION	Historia, experiencia, cultura
			Estabilidad organizacional
			Finanzas
			...etc...
		CLIENTE E INVOLUCRADOS	Historia, experiencia, cultura
			Contractual
	Definición y estabilidad de requerimientos		
	...etc...		
	CONDICIONES EXTERNAS	AMBIENTE NATURAL	Ambiente físico
			Facilidad del sitio
			Servicios locales
			...etc...
		CULTURALES	Políticas
Regulación legal			
Grupos de interés			
...etc...			
	Mercado laboral		

RIESGOS DEL PROYECTO		ECONOMICAS	Condiciones laborales
			Mercado financiero
			...etc...
	TECNOLOGIA	REQUERIMIENTOS	Incertidumbre del alcance
			Condiciones de uso
			Complejidad
			...etc...
		DESEMPEÑO	Madurez de la tecnología
			Restricciones tecnológicas
			...etc...
		APLICACION	Experiencia organizacional
			Experiencia y habilidades del personal
			Recursos físicos
...etc...			

**Tabla 3.2. RBS genérico para cualquier tipo de proyecto.  
FUENTE: “Estructuración de Riesgos”, Hall y Hullet, 2002**

Previamente a este modelo de RBS, muchos autores han propuesto estructurar los riesgos generando estructuras jerárquicas para tipos de proyectos o áreas específicas de aplicación.

La aplicación progresiva del RBS en los proyectos, cualquiera sea el área de aplicación, aportará significativamente para alcanzar el éxito de los proyectos y reconocimiento de su utilidad como en el caso del WBS. Este reconocimiento que va alcanzando esta iniciativa, permite tomarla como base segura para el modelo que se propone en este estudio.

Una forma muy frecuente de enfrentar los riesgos inherentes en todo proyecto de construcción es a través del uso de subcontratos. Esta práctica se justifica sobre la base de la experiencia de muchas industrias (como la industria de fabricación de turbinas para aviones), en la que se opta por un especialista para la fabricación de cada parte mayor, de esta manera cada uno de estos brinda su mayor experiencia y eficiencia en la fabricación del elemento que se integra al conjunto.

La utilización de subcontratos es una medida de respuesta a los riesgos muy utilizada en construcción, pues al comparar mediciones de productividad y eficiencia en el uso de mano de obra entre un contratista general y un subcontratista especializado, se suele observar que el subcontratista es más eficiente.

A pesar de esto, en la industria de la construcción se usa el subcontrato de mano de obra para esquivar el pago de leyes sociales y otros tributos, o como una forma de reducir los jornales estándares de construcción civil y descuidan intencionalmente la forma en que el subcontratista paga sus jornales. Es muy común que muchas empresas constructoras busquen eficiencia y competitividad con el uso de dichas prácticas.

Sin embargo hay que tomar en cuenta que la forma en que se mitiga un riesgo por medio de la utilización de subcontratos puede traer consigo una serie de aspectos negativos ya que el subcontratista se lleva buena parte de las ganancias por la eficiencia de su trabajo, las cuales son dejadas de percibir por el contratista general que le delega alguna función. Además el subcontratista siempre busca su propia eficiencia y no busca la eficiencia de toda la obra en conjunto. Por ejemplo podemos tener un excelente subcontratista de colocado de fierro que llega a obtener una productividad de 50 kg/HH (un herrero coloca 50 kilogramos de acero de construcción en una hora). Sin embargo, para alcanzar dichos niveles de productividad descuidó la protección de las instalaciones eléctricas y sanitarias, rompiendo varios tubos, los



mismos que tuvieron que ser reparados e instalados nuevamente, retrasando el vaciado de concreto y generando horas extras en esa cuadrilla de trabajo.

## (2) Identificación de riesgos

En el segundo proceso será necesario identificar los riesgos del proyecto. Este proceso es la parte más importante porque constituye el pilar para el resto de los procesos de la gestión de riesgos del proyecto.

La identificación de riesgos implica determinar qué riesgos podrían afectar el proyecto y documentar sus características. Este proceso es iterativo. La primera iteración puede ser realizada por una parte del equipo de proyecto o por el equipo de gestión de riesgos. El equipo de proyecto en su totalidad y los principales interesados en el proyecto pueden realizar una segunda iteración. Para lograr un análisis imparcial la tercera iteración puede ser realizada por personas que no están involucradas en el proyecto.

Principalmente quienes participan en la gestión de riesgos del proyecto son: el equipo del proyecto, el equipo de gestión de riesgos, expertos en la materia provenientes de otras áreas de la organización, clientes, usuarios finales, otros directores de proyecto, interesados en el proyecto y expertos externos.

El primer paso en la identificación de los riesgos del proyecto consiste en aclarar cuáles son los objetivos del proyecto, ya que **la definición de riesgo es "cualquier evento que afecte positiva o negativamente el SISTEMA OBJETIVO del proyecto"** (que incluye las variables de alcance, costo y tiempo y otros objetivos que la organización pueda tener en mente para el proyecto).

De estos cuatro objetivos definidos para nuestro proyecto de construcción, debemos coincidir en qué los tres objetivos son

responsabilidad directa de la administración de la obra. El costo de ejecución, el tiempo de construcción y la calidad de los departamentos son responsabilidad directa del ingeniero residente y de su equipo de trabajo. La velocidad de las ventas de los departamentos, si bien también están relacionadas con los tres objetivos anteriores (los objetivos de todo proyecto conforman entre ellos un **SISTEMA OBJETIVO UNICO Y DEFINIDO**), escapa un poco a los objetivos principales de la ingeniería de la obra y de los objetivos de la presente tesis y no será tomada en cuenta como un factor de análisis.

Una vez aclarados los objetivos del proyecto, se debe proceder a identificar los posibles riesgos del proyecto. Una buena identificación de riesgos requiere de dos elementos: memoria e imaginación. La memoria consiste en comparar el proyecto a ejecutar con otros proyectos anteriormente realizados por la organización o por otras organizaciones con la finalidad de identificar posibles riesgos comunes. Por ejemplo si se está construyendo una línea de conducción, un riesgo probable sería el derrumbe del talud de corte de la excavación para colocar la tubería o puede existir un riesgo de inundación de la zanja debido a la posibilidad de encontrarse el nivel freático cerca a la superficie del terreno. Estos riesgos pueden estar documentados en las lecciones aprendidas de los proyectos. El segundo elemento es la imaginación, ya que el gerente del proyecto debe identificar posibles eventos que nunca han ocurrido, preparando estrategias para administrar estos impactos.

El Grupo de Interés en Gestión de Riesgos (Risk Management Special Interest Group) del PMI, ha redactado un documento denominado UNIVERSAL RISK PROJECT REPORT (Informe Universal sobre Gestión de Riesgos) en el cual se ha definido una clasificación estándar para riesgos en todo tipo de proyecto. Dicha clasificación contiene las siguientes áreas de riesgos:

#### a) Riesgos Gerenciales

Son los riesgos de la organización que ejecuta el proyecto, tales como riesgos en la Gerencia del Proyecto, riesgos en los sistemas del proyecto o riesgos de la organización ejecutora.

**b) Riesgos Externos**

Riesgo fuera del control de la organización ejecutora, tales como riesgos generados por clientes, proveedores, regulaciones del gobierno, competencia externa, etc.

**c) Riesgos Tecnológicos**

Riesgos inherentes a la tecnología y a los procesos y procedimientos aplicados en el proyecto.

El Dr. David Hillson ha propuesto que para la facilidad de identificación y administración de riesgos, estos deben clasificarse en una Estructura de Descomposición de Riesgos (RBS: Risk Breakdown Structure). Hillson también propone que cada industria (software, construcción, proyectos de investigación, etc) debe tener un RBS específico y menciona varios trabajos desarrollados en algunas áreas. Con respecto al RBS elaborado para la industria de la construcción, Hillson hace referencia al trabajo de Chapman que describe un RBS para la fase de diseño en el ciclo de vida de un proyecto de construcción.

**1. Ambiente**

1.1. Legales

1.1.1 Retrasos en la aprobación de los planes

1.1.2. Cambios en la legislación

1.1.3. Restricciones ecológicas

...etc...

**2. Industria**

2.1. Mercado

- 2.1.1. Mayor competencia
- 2.1.2. Cambios en la demanda
- 2.1.3. Costo/disponibilidad de materia prima
- ...etc...

### **3. Cliente**

- 3.1. Equipo del cliente
  - 3.1.1. Representante del cliente no ejecuta sus tareas
  - 3.1.2. No existe un único punto de contacto
  - 3.1.3. Responsabilidades del equipo del cliente mal definidas
  - ...etc...

- 3.2. Equipo de gerencia del proyecto
  - 3.2.1. Herramientas inadecuadas para el control del proyecto
  - 3.2.2. Balance erróneo entre recursos y experiencia
  - 3.2.3. Responsabilidades de equipo mal definidas
  - ...etc...

- 3.3. Objetivos
  - 3.3.1. Objetivos del proyecto mal definidos
  - 3.3.2. Objetivos cambiados a mitad del diseño
  - 3.3.3. Conflicto entre objetivos primarios y secundarios
  - ...etc...

- 3.4. Fondos
  - 3.4.1. Pedido tardío de esfuerzos para ahorrar costos
  - 3.4.2. El proyecto no tiene los fondos necesarios
  - 3.4.3. Necesidad de fondos no cuadra con flujo de caja
  - ...etc...

- 3.5. Tácticas
  - 3.5.1. Cambios pequeños no confirmados por escrito
  - 3.5.2. Procedimiento para control de cambios no aceptado

- 3.5.3. Imposible cumplir con fechas de entrega establecidas
- ...etc...

#### **4. Proyecto**

##### **4.1. Equipo**

- 4.1.2. Mala comunicación en el equipo de proyecto
- 4.1.3. Cambios en el equipo principal
- 4.1.4. Cantidad inadecuada de personas
- ...etc...

##### **4.2. Tácticas**

- 4.2.1. Control de costos
- 4.2.2. Control de plazos
- 4.2.3. Control de calidad
- 4.2.4. Control de cambios
- ...etc...

##### **4.3. Tareas**

- 4.3.1. Lugar del proyecto
- 4.3.2. Diseño propiamente dicho
- ...etc...

El equipo de proyecto debe tomar como base las RBS disponibles, y utilizando información de proyectos pasados, deberá de preparar una o varias sesiones de identificación de riesgos, con la finalidad de generar la mayor cantidad de riesgos disponibles, es decir identificar las oportunidades y amenazas que forman parte del proyecto.

El ejercicio de identificación de riesgos hará que las personas que participen de estas sesiones se involucren con las amenazas y oportunidades y puedan aportar diversas ideas. La lista de riesgos debe indicar un código único para cada riesgo, el nombre de la persona que propuso el riesgo, el dueño del riesgo (miembro del equipo del proyecto

afectado por el riesgo y responsable de su administración) y el disparador del riesgo. El disparador del riesgo es la condición que nos hará sospechar que el riesgo identificado podría ocurrir.

El modelo que nos permitirá elevar la productividad de la gestión de proyectos, en esta primera versión, integra en una primera instancia, los subprocesos de riesgos y en una instancia superior el proceso de gestión de riesgos con el proceso de gestión del alcance del proyecto basado en principios de la gestión de riesgos y las herramientas que hagan viable la gestión de riesgos del proyecto.

- Estructura de Descomposición del Trabajo (WBS): La importancia de los beneficios del WBS propuestos por el PMBOK han logrado un amplio reconocimiento de la comunidad de profesionales en gerencia de proyectos.
- Estructura de Descomposición de Riesgos (RBS): Propuesta que si bien no está incorporada al PMBOK, está logrando su aceptación progresiva en la comunidad de profesionales en gerencia de proyectos.
- Software para formulación del WBS: Algunos fabricantes de software de administración de proyectos ofrecen unos más adelantados que otros, productos de software que tienen funcionalidades que permiten construir con mucha versatilidad por ejemplo: el WBS, su relación con las actividades.
- Software para administrar bases de datos y generación de plantillas: Adicionalmente a ello se ofrece en el mercado un módulo que permite administrar un conjunto de metodologías (WBS – actividades – recursos), para extraer de aquí plantillas que permitan acelerar el proceso de planeamiento de proyectos.
- Procedimientos: apoyándose en los productos de software,

permitan implementar, mantener y explotar el Know How que va acumulando la empresa, con la acumulación de experiencias documentadas en las lecciones aprendidas de proyectos pasados.

El modelo que se presenta a continuación toma tanto los principios como las herramientas antes mencionadas para soportar el proceso de identificación, análisis cualitativo, plan de respuesta al riesgo, control del riesgo y gestión de lecciones aprendidas.

Este modelo propone, por lo tanto, el proceso de relacionar cada riesgo con los entregables que podrían afectar si sucediera el evento de riesgo. La relación resultante, entregable-evento de riesgo para un determinado proyecto será el elemento base para conocer el impacto y su probabilidad de ocurrencia dentro del proyecto.

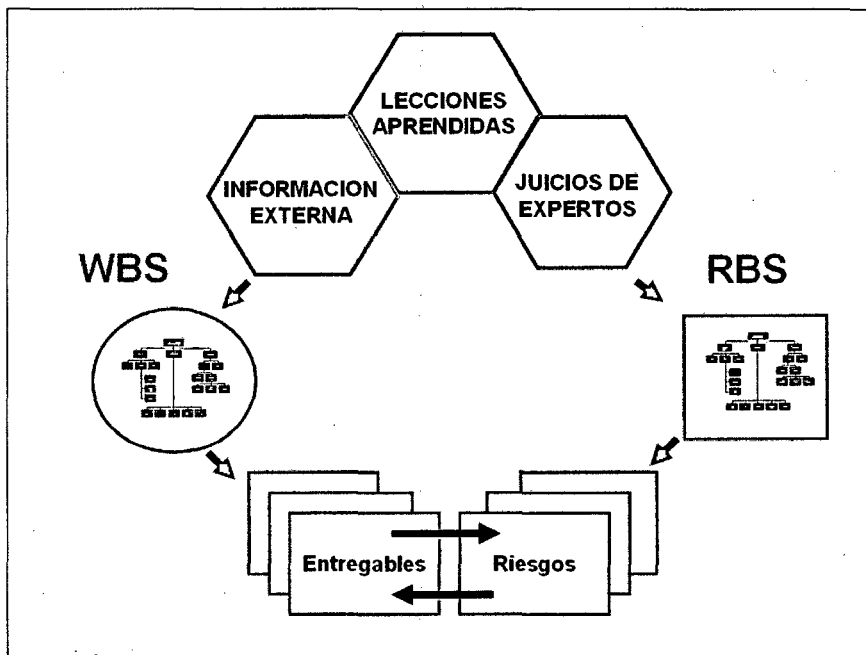


Figura 3.2. Modelo de integración WBS-RBS.

Esta relación entregable-evento de riesgo, deberá monitorearse a lo largo de la ejecución del proyecto, incorporando los cambios que puedan venir de fuentes externas o internas o del juicio experto que

pueda contribuir a un mayor conocimiento de esta relación.

Al término del proyecto, las lecciones aprendidas deben contribuir a enriquecer la base de datos de riesgos de la empresa.

El Know How de la empresa, la transferencia de tecnología, las lecciones aprendidas y el aporte del juicio experto debe estar disponible para su utilización y reutilización por la organización en forma integrada, no redundante y de fácil acceso. En este caso en particular, el archivo de metodologías es el que contiene todo el Know How disponible a la fecha por la empresa para el planeamiento del alcance y del tiempo.

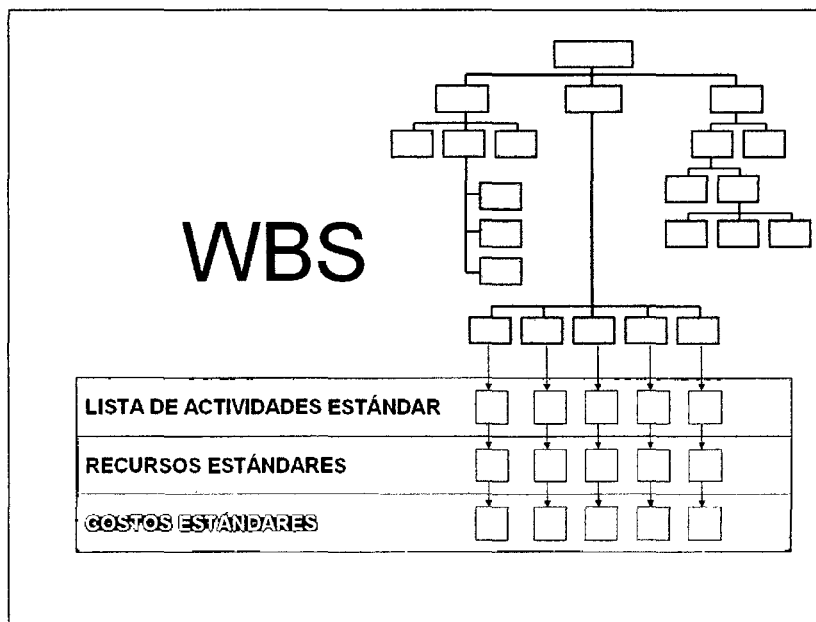


Figura 3.3. Estructura de la metodología.

La estructura más importante de la metodología (el know how del proyecto) se puede construir integrando en una sola base de datos: el WBS, cada entregable con su respectiva lista de actividades, cada actividad con sus respectivos recursos, costos y documentación tal como los usa la empresa. Esta información se puede extraer de proyectos ejecutados (aplicando lecciones aprendidas) de partners, de



adquisiciones, de tecnologías, de expertos, etc, y formar un conjunto organizado no redundante, reutilizable y que puede mantenerse en una base de datos determinada.

Para iniciar un proyecto, se realiza una copia de plantilla estándar de esa metodología para después ser personalizada para el proyecto en particular. El uso de plantillas como lo referencia el PMBOK generará una alta productividad en el proceso de planeamiento y definición del alcance y tiempos del proyecto.

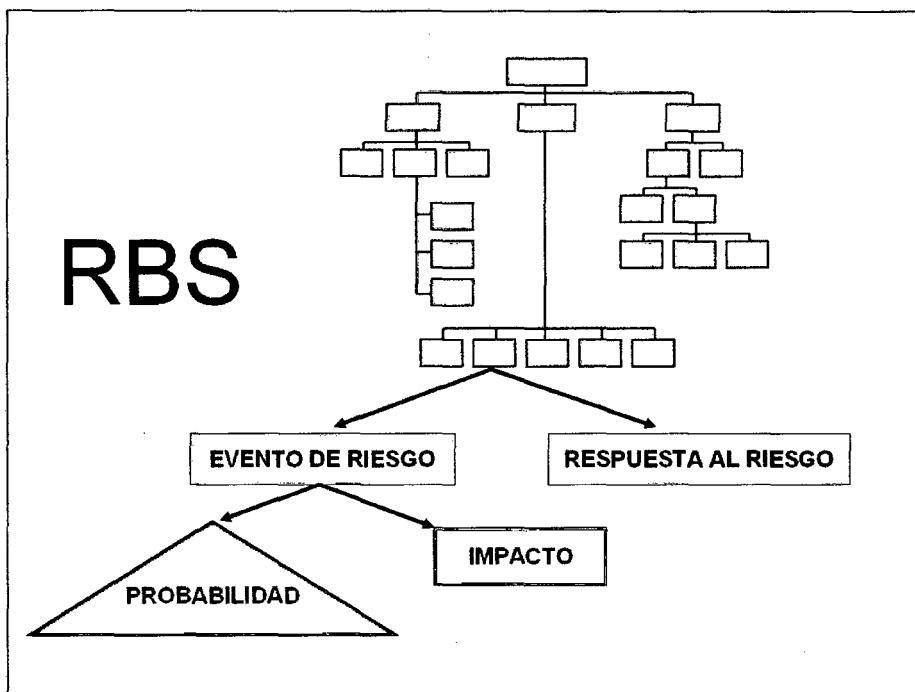


Figura 3.4. Estructura de riesgo.

En el mercado ya existen soluciones de software que ofrecen funcionalidad tanto para administrar las metodologías como para personalizar a un proyecto en particular.

A similitud del conjunto de metodologías se puede construir una base de datos de riesgos basando la estructura de la información en el RBS. En este caso, la base de datos de riesgos contiene el Know How de la

empresa (alimentado por la transferencia de tecnología, las lecciones aprendidas y el aporte del juicio experto) respecto a la gestión de los riesgos del proyecto. Así como el conjunto de metodologías debe estar disponible para su utilización y reutilizar por la organización en forma organizada, no redundante y de fácil acceso.

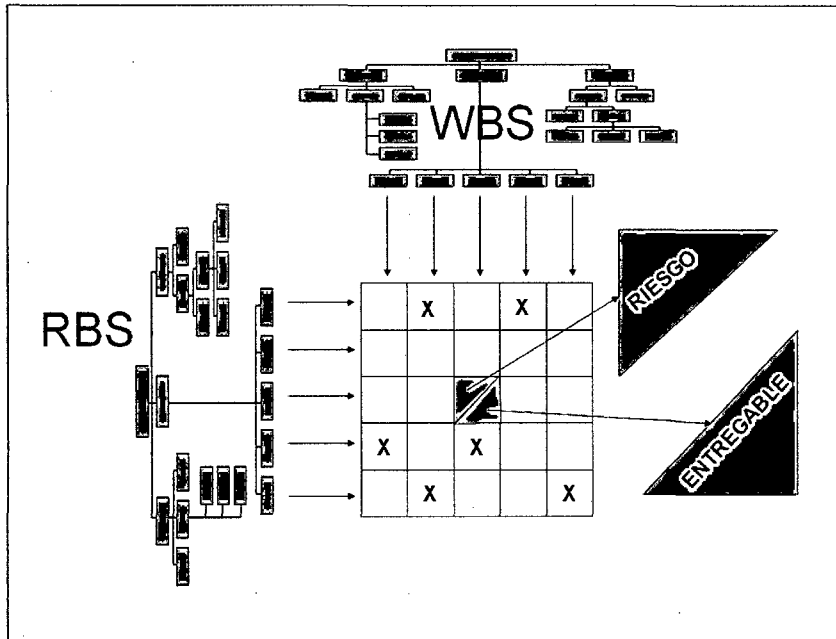


Figura 3.5. Integración RBS-WBS.

La estructura de estos riesgos se puede reconstruir integrando en una base de datos en Excel donde se estructure la relación del RBS (fuentes de riesgos) con su respectiva lista de eventos, probabilidades, impactos y respuestas típicas tal como los usa la empresa.

Esta información se puede extraer de proyectos ejecutados (aplicando lecciones aprendidas) de proveedores, de partners, de adquisiciones de tecnologías, etc y formar un conjunto de datos organizados, no redundante, reutilizable, y mantenible en una base de datos.

Para el proceso de gestión del riesgo, se realiza una extracción de la plantilla estándar del RBS, enriquecido para después ser personalizado por el equipo del proyecto. El uso de esta plantilla como lo referencia el

PMBOK, generará una alta productividad en el proceso de planeamiento y definición del riesgo del proyecto.

Mientras más conozcamos la fuente, los eventos posibles, su probabilidad y su impacto en el proyecto, tendremos mayor capacidad de administrar el riesgo y gestionar las mejores respuestas y su permanente control. Si logramos definir en un primer nivel qué entregables (se puede profundizar en otros niveles para llegar a nivel actividad o recurso) se impactarían si ocurriera el evento de riesgo, ampliaremos nuestro conocimiento sobre el propio riesgo y tomaremos mejores decisiones de respuesta y control. Este primer nivel de intersección se logra relacionando el entregable específico del WBS, con la fuente de riesgo específica del RBS.

### **(3) Análisis cualitativo de riesgos**

Después de tener identificados todos los posibles riesgos, el equipo de proyecto debe ordenar dichos riesgos clasificándolos por su importancia. La importancia de un riesgo está dada por la combinación de dos elementos: el impacto del riesgo y su probabilidad de ocurrencia. Intuitivamente los riesgos más importantes son aquellos cuya impacto es alto y cuya probabilidad de ocurrencia también es alto. Para ordenar los riesgos identificados según su importancia se utiliza la **MATRIZ DE IMPACTO PROBABILIDAD**. Para el análisis cualitativo de riesgos, el equipo usualmente prepara una matriz donde la probabilidad de ocurrencia se define en una escala del 1 al 5. Cada uno de los riesgos identificados en el proceso de "Identificación de Riesgos" se ubica en una de las celdas de la matriz. Puede haber varios riesgos en una misma celda.

Impacto	5					
	4		RR4	RR2		RR6, RR7
	3				RR1	
	2		RR5	RR3		
	1					
		1	2	3	4	5
	Probabilidad					

**Figura 3.6. Matriz de Probabilidad – Impacto.**

**FUENTE: “Gerencia de riesgos”. Félix Valdez (2004).**

La organización debe determinar qué combinación de probabilidad e impacto hace que un riesgo sea clasificado como alto (estado rojo), moderado (estado verde) o bajo (estado amarillo) en cada caso. La calificación del riesgo ayuda a poner al mismo en una categoría que servirá de guía para las acciones de respuesta al riesgo.

El PMBOK Guide en su edición 2000 propone determinar el impacto de los riesgos utilizando una matriz en que las filas corresponden a los objetivos del proyecto y las columnas corresponden al nivel de impacto. El informe UNIVERSAL RISK PROJECT REPORT indica que las organizaciones deben tener en cuenta algunos riesgos "poco probables" de que puedan ocurrir, pero que tienen un alto impacto en el proyecto. Estos riesgos deben tomarse en cuenta a pesar de estar en las zonas de bajo impacto en nuestras matrices.

Es necesario sensibilizar la matriz de impactos para evitar estos impactos extremos, esta matriz aplica impactos que se duplican cuando se pasa de una columna a la siguiente.

<b>Objetivo del proyecto</b>	<b>Muy bajo 0.05</b>	<b>Bajo 0.1</b>	<b>Moderado 0.2</b>	<b>Alto 0.4</b>	<b>Muy Alto 0.8</b>
<b>Costo</b>	Incremento insignificante del costo	<5% de incremento en el costo	5-10% de incremento en el costo	10-20% de incremento en el costo	>20% de incremento en el costo
<b>Tiempo</b>	Atraso insignificante de tiempo	Atraso en tiempo <5%	Atraso general en el proyecto 5-10%	Atraso general en el proyecto 10-20%	Cronograma del proyecto se atrasa >20%
<b>Alcance</b>	Disminución del alcance apenas apreciable	Áreas secundarias del alcance son afectadas	Áreas principales del alcance son afectadas	Reducción del alcance inaceptable para el cliente	Producto final es totalmente inútil
<b>Calidad</b>	Disminución de la calidad apenas apreciable	Sólo aplicaciones muy exigentes son afectadas	Reducción de la calidad requiere aprobación del cliente	Reducción de la calidad es inaceptable para el cliente	El Producto final del proyecto es totalmente inutilizable

**Tabla 3.3. Evaluación del impacto de un riesgo en los objetivos principales de un proyecto. FUENTE: PMBOK Guide. Edición 2000.**

En el caso de la probabilidad se pueden convertir expresiones verbales a valores cuantificables, como se demuestra en la tabla siguiente.

<b>Expresión Verbal</b>	<b>Probabilidad</b>
Seguro	95-100 %
Muy probable	90-95 %
Muy buen chance	85-90 %

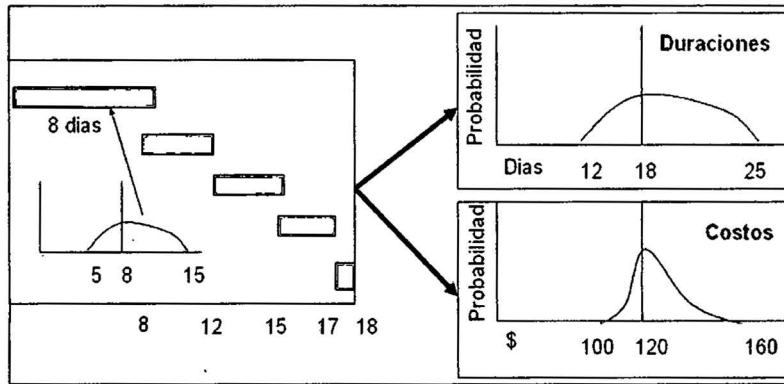
Probable	75-85 %
Se piensa	65-75 %
Más que el promedio	55-65 %
Mitad y mitad	45-55 %
Pequeño chance	27-38 %
Poco probable	25-35 %
No se cree	10-25 %
Improbable	1-15 %
Imposible	0 %

**Tabla 3.4. Verbalización y cuantificación de la probabilidad de ocurrencia de un riesgo. FUENTE: “Gerencia de Riesgos”. Félix Valdez. Año 2004.**

#### **(4) Análisis cuantitativo de riesgos**

El análisis cuantitativo de los riesgos se utiliza para estimar las posibles variaciones que pueden tener el costo del proyecto y el plazo del proyecto. Para calcular estas variaciones, es necesario poder asignar probabilidades a cada una de las duraciones de las actividades del proyecto. Estas duraciones sirven para generar simulaciones múltiples, que permiten determinar la probabilidad de terminar el proyecto en un rango de fechas. La misma técnica sirve para estimar la probabilidad de obtener un costo en un cierto rango. Este método se llama Método de Monte Carlo.

La figura siguiente muestra el tipo de resultados que se pueden obtener con ejercicios de simulación.



**Figura 3.7. Simulación del costo y la duración de las tareas.**

**FUENTE: "Gerencia de Riesgos". Félix Valdez. Año 2004.**

Un método de estimación del riesgo de las diversas variables de un proyecto está basado en la simulación de Monte Carlo. El método de Monte Carlo provee una solución aproximada de una variedad de problemas matemáticos a partir del desarrollo de un muestreo estadístico de experimentos en un computador, por tanto, este método representa el efecto combinado de todas las incertidumbres identificadas y evaluadas analíticamente. Además, los modelos de Monte Carlo permiten evaluar diversas alternativas propuestas y se toma una decisión con base en la comparación de resultados. Este tipo de simulación ayuda a obtener una mejor información que los métodos tradicionales ya que, reconoce que hay incertidumbre en las variables principales de un proyecto.

En la simulación de Monte Carlo se debe definir la ecuación que modela la forma en que el estimado debe ser hecho. A medida que se introducen más variables en el modelo, es posible generar una imagen más clara de la influencia que cada parámetro aleatorio tiene sobre la estimación de los parámetros del proyecto. Por otro lado, la selección de los datos de entrada y las funciones de distribución son elementos claves para obtener resultados confiables. Por otro lado resulta muy importante comprender los aspectos básicos del método y la naturaleza de las variables para evitar obtener resultados erróneos.

En el capítulo siguiente se profundizará la utilización del análisis cuantitativo de riesgos, haciendo uso de un programa computacional desarrollado por el autor utilizando el paquete EXCEL de MICROSOFT.

### (5) Plan de respuesta a los riesgos

Una vez determinada la importancia de los riesgos, se procede a definir la estrategia para administrar los riesgos. Cada riesgo debe examinarse para determinar que acción o combinación de acciones tomar:

- Evitar, tratando de eliminar la incertidumbre.
- Mitigar el riesgo reduciéndolo a un nivel aceptable.
- Transferir el riesgo, a un tercero.
- Aceptar el riesgo, reconociendo la existencia de riesgos residuales.

Normalmente los ejercicios de identificación de riesgos, y de definición de los planes de respuestas a los riesgos, se realizan en un ambiente en el que solo se toman en cuenta los riesgos desde el punto de vista de eventos no deseados. El UNIVERSAL RISK PROJECT REPORT, mediante una publicación del Project Management Institute (PMI) propone las siguientes estrategias para aprovechar las oportunidades que se presentan cuando aparece la amenaza de un riesgo:

<b>Respuesta a la amenaza</b>	<b>Estrategia Genérica</b>	<b>Respuesta a la oportunidad</b>
EVITAR	Eliminar la incertidumbre	<b>EXPLOTAR</b>
TRANSFERIR	Asignar un dueño	<b>COMPARTIR</b>



MITIGAR	Modificar la exposición al riesgo	MEJORAR
ACEPTAR	Incluirlo en la línea base	IGNORAR

**Tabla 3.5. Plan de respuesta a los riesgos. FUENTE: “Universal Risk Project Report”. PMI. Año 2000.**

El desarrollo de un plan de respuestas a los riesgos es un proceso de desarrollar opciones y determinar acciones para identificar las oportunidades y reducir las amenazas a los objetivos del proyecto. Ello incluye la elección y asignación de individuos o sectores para tomar la responsabilidad de cada una de las respuestas a los riesgos. Este proceso es fundamental en toda gestión de riesgos de un proyecto, ya que asegura que todos los riesgos identificados y evaluados sean tratados apropiadamente según su impacto en caso de ocurrencia. La eficacia de la planificación de las respuestas a los riesgos determinará directamente si el riesgo del proyecto aumenta o disminuye.

La respuesta al riesgo debe ser congruente con la severidad del riesgo, es decir según la magnitud del impacto en caso de ocurrencia, debe asignarse a una persona o a todo un equipo responsable para administrar dicho riesgo. Para esto se debe tener una lista priorizada, como la mostrada anteriormente donde se puedan identificar claramente cuáles de esos impactos puedan ocurrir a lo largo de la ejecución del proyecto y cuál es la labor de cada miembro del equipo de proyecto con la finalidad de mitigar su impacto y minimizar (en caso de ser un evento negativo) o maximizar (en caso de ser un evento positivo) sus consecuencias.

Como ya se ha mencionado anteriormente existen diferentes estrategias de respuestas a los riesgos. Para cada riesgo debería haber seleccionada aquella estrategia con mayor probabilidad de éxito. Luego se deberían desarrollar acciones específicas para implementar dicha estrategia. Pueden ser seleccionadas estrategias primarias y de respaldo.

#### **(6) Supervisión y control de riesgos**

El plan de respuesta a los riesgos debe incluirse en el plan del proyecto y revisarse periódicamente para determinar si es que han aparecido nuevos riesgos que pueden afectar al proyecto (positiva o negativamente).

Un elemento importante del monitoreo de los riesgos consiste en documentar las diferencias entre los sucesos previstos y los reales. Dichas diferencias deben de incluirse en el documento de lecciones aprendidas, según los formatos utilizados por la organización.

Las medidas de supervisión y control de riesgos están principalmente relacionadas con la verificación de la programación de actividades diarias y semanales y con la reactualización o reprogramación de las mismas en caso haya ocurrido algún evento de riesgo no identificado con anticipación y que haya causado una variación en la programación de la obra. Como ya se ha mencionado en capítulos anteriores, las programaciones demasiado detalladas muy difícilmente cumplen a cabalidad con su función de planificación y control de los trabajos debido a múltiples factores que pueden incurrir en retrasos en cuanto a la realización de las actividades.

### **3.4) La Teoría de Monte Carlo**

La simulación de Monte Carlo es una técnica que combina conceptos

estadísticos (muestreo aleatorio) con la capacidad que tienen las computadoras para generar números aleatorios y automatizar cálculos.

Los orígenes de esta técnica están ligados al trabajo desarrollado por Stan Ulam y John Von Neumann a finales de los 40 en el laboratorio de Los Alamos, cuando investigaban el movimiento aleatorio de los neutrones. En años posteriores, la simulación de Monte Carlo se ha venido aplicando a una infinidad de ámbitos como alternativa a los modelos matemáticos exactos o incluso como único medio de estimar soluciones para problemas complejos. Así, en la actualidad es posible encontrar modelos que hacen uso de simulación Monte Carlo en las áreas informática, empresarial, económica, industrial e incluso social. En otras palabras, la simulación de Monte Carlo está presente en todos aquellos ámbitos en los que el comportamiento aleatorio o probabilístico desempeña un papel fundamental -precisamente, el nombre de Monte Carlo proviene de la famosa ciudad de Mónaco, donde abundan los casinos de juego y donde el azar, la probabilidad y el comportamiento aleatorio conforman todo un estilo de vida.

Son muchos los trabajos de investigación en diversas ramas del conocimiento humano que han utilizado hojas de cálculo para realizar simulación Monte Carlo. La potencia de las hojas de cálculo reside en su universalidad, en su facilidad de uso, en su capacidad para recalcular valores y, sobre todo, en las posibilidades que ofrece con respecto al análisis de diversos escenarios.

El método de Monte Carlo proporciona soluciones aproximadas a una gran variedad de problemas matemáticos posibilitando la realización de experimentos con muestreos estadísticos en una computadora. El método es aplicable a cualquier tipo de problema, ya sea estocástico o determinístico.

El método de Monte Carlo es una herramienta de investigación y planeamiento; básicamente es una técnica de muestreo artificial, empleada

para operar numéricamente sistemas complejos que tengan componentes aleatorios.

Gracias a la constante evolución de las microcomputadoras, en lo que se refiere a su capacidad de procesamiento de la información, el método de Monte Carlo es cada vez más frecuentemente utilizado.

Para ello son realizadas diversas simulaciones donde, en cada una de ellas, son generados valores aleatorios para el conjunto de variables de entrada y parámetros del modelo que están sujetos a incertidumbre. Tales valores aleatorios generados siguen distribuciones de probabilidades específicas que deben ser identificadas o estimadas previamente.

Simulación es el proceso de diseñar y desarrollar un modelo computarizado de un sistema o proceso y conducir experimentos con este modelo con el propósito de entender el comportamiento del sistema o evaluar varias estrategias con las cuales se puede operar el sistema.

El conjunto de resultados, producidos a lo largo de todas las simulaciones, podrán ser analizados estadísticamente y proveer resultados en términos de probabilidad. Esas informaciones serán útiles en la evaluación de la dispersión total de las apreciaciones del modelo, causado por el efecto combinado de las incertidumbres de los datos de entrada.

En lo que se refiere a la computadora, podemos asegurar que ya está comprobada su utilidad para obtener: una visión clara de la variabilidad y el rédito de los proyectos bajo análisis; como por ejemplo, y lo vamos a mostrar en este trabajo, la planilla de cálculo puede emplearse para obtener valiosa información sobre la sensibilidad del posible desempeño del proyecto frente a las variaciones de factores determinados, y sobre la probabilidad de obtener múltiples valores de costos y tiempos para el proyecto.

Esta información será fundamental como respaldo a las decisiones

gerenciales; no pueden quedar dudas que el conocimiento de la probabilidad de ocurrencia de toda la gama de posibles eventos, brinda una cierta seguridad de que la información disponible ha sido empleada con la máxima eficacia.

El ejercicio de razonar en base la incertidumbre contribuye a mejorar la habilidad de tomar decisiones y anticiparse a lo que puede ocurrir, porque comprender la incertidumbre y el riesgo equivale a comprender el futuro incierto de cada proyecto, y esto es la llave para abrir la puerta al éxito de los mismos.

### 3.5) Análisis Cuantitativo de Riesgos

El proceso de Análisis Cuantitativo de Riesgos tiene por finalidad analizar numéricamente la probabilidad de cada riesgo y sus consecuencias en los objetivos del proyecto, así como también la magnitud del riesgo total del proyecto. Durante este proceso se pueden usar una serie de herramientas como la simulación de Monte Carlo para:

- Determinar la probabilidad de lograr un objetivo específico del proyecto.
- Cuantificar la exposición al riesgo del proyecto y determinar el tamaño de las reservas de contingencia de costo y tiempo necesarias.
- Identificar los riesgos que requieren una mayor atención mediante la cuantificación de su contribución relativa al riesgo del proyecto.
- Identificar objetivos de costo, tiempo y alcance realistas y alcanzables.

Existen múltiples técnicas para realizar un análisis cuantitativo de riesgos a los proyectos. Entre las más comúnmente usadas tenemos: entrevistas, verbalización de riesgos, análisis de sensibilidad, análisis del árbol de decisiones, etc.

Las simulaciones son los métodos de análisis cuantitativos más confiables para la gestión de riesgos de un proyecto. Una simulación de un proyecto

usa un modelo que traduce las incertidumbres especificadas a un nivel detallado en su impacto potencial en los objetivos, que están expresados al nivel de todo el proyecto. Las simulaciones de proyecto son generalmente realizadas usando la técnica de Monte Carlo, que ya ha sido explicada de manera genérica en el punto anterior, pero que será puesta en práctica en el capítulo siguiente en un caso real de un proyecto de construcción.

## **Capítulo IV**

### **Aplicación de la metodología de la Gestión de Riesgos al proyecto de construcción del edificio “Malecón Balta”**

#### **4) Capítulo IV: Aplicación de la metodología de la Gestión de Riesgos a un proyecto de construcción.**

La Gerencia de Riesgos es un elemento esencial de la gerencia de los proyectos de construcción a nivel mundial. El análisis de riesgos se puede considerar como un lente útil a través del cual podemos visualizar las incertidumbres y los riesgos que existen en nuestras obras de construcción.

El análisis y la gerencia de riesgos proporcionan una poderosa herramienta de identificación y cuantificación de los diversos riesgos que pueden presentarse en los múltiples procesos de que consta un proyecto de construcción y además nos permite predecir el impacto de dichos riesgos en el presupuesto y la programación del proyecto.

Los datos y la información necesaria para desarrollar una Gestión de Riesgos eficaz se consiguen con los talleres y las entrevistas previamente realizadas (análisis cualitativo del riesgo), para posteriormente cuantificar dichos datos a través de una serie de modelos automatizados de simulación (análisis cuantitativo) y de esta manera proporcionar la base adecuada para la planificación eficaz de respuesta a los riesgos y realizar asimismo el control y monitoreo de los riesgos identificados, analizados, cuantificados y esperados.

La gerencia de riesgo tiene como finalidad esencial la reducción de la incertidumbre de los procesos más importantes dentro de un proyecto de construcción, con la finalidad de llegar a un nivel aceptable de predictibilidad y de esta manera controlar los costos, tiempo y calidad en nuestros proyectos constructivos.

Dicha predictibilidad es alcanzada usando un modelo matemático estructurado como prueba patrón en el cual se interrelacionan la probabilidad de ocurrencia de múltiples eventos cuyo impacto puede afectar el presupuesto y el tiempo de ejecución del proyecto.

Luego se realiza un análisis de los resultados de la simulación en nuestro



modelo matemático, detectando los riesgos más perjudiciales a nuestro proyecto, con la finalidad de tomar decisiones y crear equipos de trabajo o responsables de los riesgos más graves que puedan suscitarse y que tengan mayor impacto en los tres objetivos primordiales del proyecto (costo, plazo y calidad). Dicha información tiene que ser comunicada de manera eficaz a los clientes, los subcontratistas especializados, el gobierno regional o local, la comunidad afectada y a todos los participantes que de una u otra manera se verán afectados de manera positiva o negativa por los múltiples sucesos que pueden ocurrir en nuestro proyecto y que ya han sido previamente identificados, analizados y cuantificados.

El proyecto de construcción donde se aplicará esta metodología de gestión de riesgos es un edificio multifamiliar de 20 pisos con cuatro sótanos, de 240 m<sup>2</sup> de área construida por piso ubicado en la primera cuadra de la avenida Malecón Balta en el distrito de Miraflores en la ciudad de Lima. La empresa a cargo de su ejecución es AyG Edificaciones SAC.

El presente trabajo de investigación tiene como uno de sus objetivos fundamentales determinar analíticamente, a través de un modelo de simulación, la dimensión del amortiguador de tiempo colocado al final del proyecto. La dimensión en número de días útiles del amortiguador dependerá de las características, la probabilidad de ocurrencia y el impacto de los riesgos que pudieran afectar el cronograma inicial de ejecución del proyecto de construcción del edificio multifamiliar "Malecón Balta".

A continuación se presenta el WBS del proyecto de construcción del Edificio Multifamiliar "Malecón Balta":

## **01. ESTRUCTURAS**

### **01.01 OBRAS PROVISIONALES**

- 01.01.01 ALMACEN, OFICINAS, CASETA
- 01.01.02 S.S.H.H. (TIPO DISAL)

01.01.03 TRANSPORTE DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

01.02 OBRAS PRELIMINARES

- 01.02.01 TRAZADO PRELIMINAR
- 01.02.02 TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO
- 01.02.03 GUARDIANIA
- 01.02.04 LIMPIEZA DE OBRA
- 01.02.05 TRANSPORTE VERTICAL

01.03 MOVIMIENTO DE TIERRAS

- 01.03.01 EXCAVACION DE ZANJA MANUAL
- 01.03.02 EXCAVACION Y ELIMINACION MASIVA
- 01.03.03 EXCAVACION DE CISTERNAS
- 01.03.04 NIVELACION INTERIOR Y COMPACTACION
- 01.03.05 RELLENO CON MATERIAL PROPIO
- 01.03.06 ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE
- 01.03.07 ELIMINACION DE DESMONTE CON MAQUINA

01.04 CONCRETO SIMPLE

- 01.04.01 ENCOFRADO DE CALZADURAS
- 01.04.02 CONCRETO PARA CALZADURAS 1:10
- 01.04.03 MUROS PANTALLA

01.05 CONCRETO ARMADO

- 01.05.01 ZAPATAS
  - 01.05.01.01 SOLADO DE CONCRETO
  - 01.05.01.02 CONCRETO  $f_c=210$  KG/CM<sup>2</sup>
  - 01.05.01.03 CONCRETO  $f_c= 280$  kg/cm<sup>2</sup>
  - 01.05.01.04 ACERO EN ZAPATAS

- 01.05.02 VIGAS DE CIMENTACION
  - 01.05.02.01 CONCRETO  $f_c=280$  KG/CM2
  - 01.05.02.02 ENCOFRADO
  - 01.05.02.03 ACERO
  
- 01.05.03 MUROS DE CONTENCIÓN
  - 01.05.03.01 CONCRETO  $f_c=280$  KG/CM2
  - 01.05.03.02 CONCRETO  $f_c=210$  KG/CM2
  - 01.05.03.03 ENCOFRADO
  - 01.05.03.04 ACERO
  
- 01.05.04 COLUMNAS
  - 01.05.04.01 CONCRETO  $f_c=280$  kg/cm2
  - 01.05.04.02 CONCRETO  $f_c=210$  kg/cm2
  - 01.05.04.03 ENCOFRADO
  - 01.05.04.04 ACERO  $f_y=4200$  kg/cm2
  
- 01.05.05 PLACAS
  - 01.05.05.01 CONCRETO  $f_c=280$  kg/cm2
  - 01.05.05.02 CONCRETO  $f_c=210$  KG/CM2
  - 01.05.05.03 ENCOFRADO
  - 01.05.05.04 ACERO EN PLACAS
  
- 01.05.06 VIGAS
  - 01.05.06.01 ENCOFRADO
  - 01.05.06.02 CONCRETO  $f_c=210$  kg/cm2
  - 01.05.06.03 ACERO  $f_y=4200$  kg/cm2
  
- 01.05.07 LOSAS ALIGERADAS

- 01.05.07.01 CONCRETO  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>
- 01.05.07.02 ENCOFRADO
- 01.05.07.03 ACERO  $f_y=4200$  kg/cm<sup>2</sup>
- 01.05.07.04 LADRILLO HUECO DE ARCILLA  
15X30X30 cm PARA TECHO ALIGERADO

01.05.08 ESCALERAS

- 01.05.08.01 CONCRETO  $f_c=210$  KG/CM<sup>2</sup>
- 01.05.08.02 ENCOFRADO
- 01.05.08.03 ACERO  $f_y=4200$  kg/cm<sup>2</sup>

01.05.09 CISTERNA

- 01.05.09.01 SOLADO DE CONCRETO
- 01.05.09.02 CONCRETO  $f_c=210$  KG/CM<sup>2</sup>
- 01.05.09.03 ENCOFRADO
- 01.05.09.04 ACERO GRADO 60

01.05.10 TANQUE ELEVADO

- 01.05.10.01 CONCRETO  $f_c=210$  KG/CM<sup>2</sup>
- 01.05.10.02 ENCOFRADO
- 01.05.10.03 ACERO GRADO 60

## 02. ARQUITECTURA

### 02.01 ALBAÑILERIA

- 02.01.01 MURO DE ALBAÑILERIA BLOQUES P7
- 02.01.02 MURO DE ALBAÑILERÍA BLOQUES P10.
- 02.01.03 VESTIDURA DE DERRAMES ANCHO=10 cm
- 02.01.04 ZOLAQUEO COLUMNAS Y PLACAS
- 02.01.05 ZOLAQUEO DE VIGAS
- 02.01.06 REVESTIMIENTO DE FONDO DE ESCALERA

- 02.01.07 TARRAJEO EN EXTERIORES
- 02.01.08 TARRAJEO EN INTERIORES
- 02.01.09 FORJADO Y REVESTIMIENTO DE GRADAS Y  
ESCALERAS DE CEMENTO FROTACHADO
- 02.01.10 TARRAJEO CON IMPERMEABILIZANTES
- 02.01.11 CIELORRASOS CON MEZCLA DE CEMENTO-  
ARENA C/PAÑETEO
- 02.01.12 ZOLAQUEO TECHO DE SOTANOS
- 02.01.13 SARDINEL DE DUCHA
- 02.01.14 TARRAJEO DE CAJUELAS

## 02.02 PISOS Y PAVIMENTOS

- 02.02.01 CONTRAPISO DE 48 mm
- 02.02.02 PISO DE PARQUET 6X30
- 02.02.03 PISO ALFOMBRA TIPO BOUQUE
- 02.02.04 PISO DE CERAMICA CELIMA 30x30 COLOR
- 02.02.05 PISO DE CONCRETO S/COLOREAR PULIDO
- 02.02.06 PISO DE CERAMICA CELIMA 30x30 COLOR -  
HALL 1er PISO
- 02.02.07 PISO FROTACHADO EN ESTACIONAMIENTO
- 02.02.08 BASES DE MUEBLES DE COCINA

## 02.03 ZOCALOS

- 02.03.01 ZOCALO DE CERAMICO 30x30 COLOR
- 02.03.02 CONTRAZOCALO DE CERAMICO 10x30
- 02.03.03 CONTRAZOCALO CEMENTO SCIN COLOREAR  
H = 30 cm
- 02.03.04 CONTRAZOCALO DE CEDRO DE 3/4" X 3"  
RODON 3/4"

## 02.04 PINTURA

- 02.04.01 PINTURA LATEX CIELO RASO

- 02.04.02 PINTURA INTERIOR LATEX SEMIEMPASTADA  
VENCELATEX
- 02.04.03 PINTURA LATEX EN MUROS EXTERIORES

#### 02.05 APARATOS Y ACCESORIOS SANITARIOS

- 02.05.01 INODORO TOP PIECE TREBOL COLOR C/ACC.
- 02.05.02 INODORO SIFON JET TREBOL COLOR C/ACC
- 02.05.03 INODORO TANQUE BAJO BLANCO
- 02.05.04 LAVATORIO MANANTIAL C/PEDESTAL
- 02.05.05 LAVATORIO MALIBU C/PEDESTAL
- 02.05.06 LAVADERO AMAZONAS TREBOL
- 02.05.07 LAVADERO DE COCINA DE ACERO INOXIDABLE
- 02.05.08 MEZCLADORA DE DUCHA STRETTO ABS
- 02.05.09 MEZCLADORA DE DUCHA ITALGRIF CANCUN  
CROMO
- 02.05.10 MEZCLADORA DE DUCHA-TINA ITALGRIF  
CANCUN CROMO
- 02.05.11 MEZCLADORA STRETTO 4" PARA LAVATORIO
- 02.05.12 COLOCACION DE APARATOS SANITARIOS

#### 02.06 VIDRIOS, CRISTALES Y SIMILARES

- 02.06.01 VIDRIOS BRONCE 6mm. SISTEMA NOVA
- 02.06.02 MAMPARAS DE CRISTAL TEMPLADO

#### 02.07 CARPINTERIA DE MADERA

- 02.07.01 PUERTA CONTRAPLACADA DE 45 MM TRIPLAY  
ACABADO C/BARNIZ
- 02.07.02 PUERTA APANELADA MDF DUCO
- 02.07.03 BARANDA DE MADERA CEDRO
- 02.07.04 MUEBLE BAJOS DE COCINA DE MELAMINE  
POST-FORMADA

## 02.08 CERRAJERIA

- 02.08.01 BISAGRA ALUMINIZADA CAPUCHINA DE 3" X 3"
- 02.08.02 CERRADURA PUERTA INTERIOR ACERO  
INOXIDABLE
- 02.08.03 CERRADURA PARA PUERTA PRINCIPAL  
PESADA
- 02.08.04 BISAGRA VAIVEN EN LA PUERTA DE COCINA

## 02.09 CARPINTERIA METALICA

- 02.09.01 PASAMANO METALICO EN ESCALERA
- 02.09.02 ESCALERA DE GATO
- 02.09.03 TAPAS CISTERNA
- 02.09.04 PUERTA DUCTO DE BASURA
- 02.09.05 REJA DE ESTACIONAMIENTO
- 02.09.06 EQUIPO DE CONTROL REMOTO

## 02.10 COBERTURAS

- 02.10.01 COBERTURA LADRILLO PASTELERO  
ASENTADO CON MEZCLA

## 03. INSTALACIONES SANITARIAS

### 03.01 INSTALACIONES DE DESAGUE

- 03.01.01 SALIDA DE DESAGUE EN PVC
- 03.01.02 TUBERIA DE PVC SAL 2"
- 03.01.03 TUBERIA DE PVC SAL 3"
- 03.01.04 TUBERIA DE PVC SAL 4"
- 03.01.05 RED DE DISTRIBUCION TUBERIA PVC DE 4"
- 03.01.06 RED DE DISTRIBUCION TUBERIA PVC DE 6"
- 03.01.07 MONTANTE DE DESAGUE 4"
- 03.01.08 MONTANTE DE DESAGUE DE 6"

03.01.09	MONTANTE DE DESAGUE DE 3"
03.01.10	TUBERIA DE VENTILACION DE PVC SAL 2"
03.01.11	SOMBRERO VENTILACION PVC DE 2"
03.01.12	REGISTRO DE BRONCE CROMADO 2"
03.01.13	REGISTRO DE BRONCE CROMADO DE 4"
03.01.14	CAJA DE REGISTRO DE DESAGUE 12"X24"

### 03.02 INSTALACIONES AGUA FRIA Y CALIENTE

03.02.01	SALIDA DE AGUA FRIA CON TUBERIA DE PVC-SAP 1/2"
03.02.02	RED DE DISTRIBUCION TUBERIA DE 1/2" PVC-SAP
03.02.03	RED DE DISTRIBUCION TUBERIA DE 3/4" PVC-SAP
03.02.04	RED DE DISTRIBUCION TUBERIA DE 1" PVC-SAP
03.02.05	RED DE DISTRIBUCION TUBERIA DE 1 1/2" PVC-SAP
03.02.06	RED DISTRIBUCION TUBERIA DE 2" PVC-SAP
03.02.07	RED DE DISTRIBUCION 2 1/2"
03.02.08	VALVULAS DE COMPUERTA DE BRONCE 1/2"
03.02.09	VALVULA DE COMPUERTA DE 3/4"
03.02.10	VALVULA DE COMPUERTA DE 1 1/2"
03.02.11	VALVULA DE COMPUERTA DE BRONCE DE 1"
03.02.12	VALVULA DE COMPUERTA DE 2"
03.02.13	LLAVE DE RIEGO CON GRIFO DE 1/2"
03.02.14	SALIDA DE AGUA CALIENTE CON TUBERIA CPVC
03.02.15	RED DE DISTRIBUCION DE AGUA CALIENTE TUBO CPVC D=1/2"
03.02.16	INSTALACION DE BOMBAS ELECTROB 2.5 C/ACCE
03.02.17	BOMBA SUMIDERO
03.02.18	EQUIPOS HIDRONEUMATICOS



### 03.03 SISTEMA CONTRAINCENDIO

#### 03.03.01 SISTEMA CONTRAINCENDIO

### 04. INSTALACIONES ELECTRICAS Y ELECTROMECHANICAS

#### 04.01 INSTALACIONES ELECTRICAS

- 04.01.01 SALIDA PARA TOMACORRIENTE BIPOLAR DOBLE CON PVC
- 04.01.02 SALIDA TOMACORRIENTE DOBLE CON TIERRA
- 04.01.03 SALIDA PARA CENTRO DE LUZ SOTANO C/LUMINARIAS
- 04.01.04 SALIDA PARA SPOT-LIGHT C/EQUIPO
- 04.01.05 SALIDA PARA CENTRO DE LUZ C/INTERRUPTOR
- 04.01.06 SALIDA DE BRAQUETE C/LUMINARIA
- 04.01.07 SALIDA PARA CENTRO DE LUZ ESCALERES C/LUMINARIAS
- 04.01.08 SALIDA PARA THERMA CON PVC
- 04.01.09 SALIDA DE FUERZA PARA COCINA CON PVC
- 04.01.10 SALIDA DE FUERZA PARA SECADORA-LAVD
- 04.01.11 SALIDA DE FUERZA ASCENSOR
- 04.01.12 SALIDA DE BOMBAS
- 04.01.13 SALIDA BOMBA CONTRA INCENDIO
- 04.01.14 SALIDA BOMBA JOCKEY
- 04.01.15 SALIDA BOMBA SUMIDERO
- 04.01.16 SALIDA SEMAFORO
- 04.01.17 SALIDA PUERTA ELECTRICA
- 04.01.18 SALIDA CONTRAINCENDIO
- 04.01.19 TABLERO SERVICIOS GENERALES
- 04.01.20 SALIDA LUZ DE EMERGENCIA
- 04.01.21 SALIDA POSTES
- 04.01.22 TABLEROS TIPICOS DPTS.

- 04.01.23 TABLERO ALTERNO 02 BOMBAS
- 04.01.24 ACOMETIDA TABLERO S.G.
- 04.01.25 ACOMETIDA A T-P 3X10mm<sup>2</sup> +1TX10mm<sup>2</sup> PVC  
SAP 35 MM
- 04.01.26 MONTANTE ELECTRICA ASCENSOR
- 04.01.27 MONTANTE ELECTRICA 25 MM
- 04.01.28 MONTANTE ELECTRICA 35 MM
- 04.01.29 MONTANTE ELECTRICA DETECTORES DE  
HUMO
- 04.01.30 MONTANTE LUZ DE EMERGENCIA
- 04.01.31 MONTANTES AREAS COMUNES
- 04.01.32 MONTANTE PULSADORES SIST.  
CONTRAINCENDIO
- 04.01.33 MONTANTE ELECTRICA ALIMENTACION  
TANQUE ELEVADO
- 04.01.34 MONTANTE EXTRACTORES DE AIRE
- 04.01.35 MONTANTE DE POZO SUMIDEROS
- 04.01.36 SALIDA PARA TIMBRE TIPO GONG CON PVC
- 04.01.37 CAJA DE PASE OCTOGONAL
- 04.01.38 CAJA DE PASE DE FoGo DE 200x200x150
- 04.01.39 CAJA DE PASE DE Fo Go DE 300x300x150
- 04.01.40 CAJA DE PASE DE 250X250X150
- 04.01.41 CAJA DE PASE DE FoGo DE 450x450x150
- 04.01.42 CAJA DE PASE DE FoGo DE 650X350X150
- 04.01.43 POZO DE TIERRA 20MM

#### 04.02 SISTEMA DE COMUNICACIONES

- 04.02.01 SALIDA PARA TELEFONO DIRECTO
- 04.02.02 SALIDA PARA TV-CABLE
- 04.02.03 MONTANTE TELEFONO PVC SAP 50 MM
- 04.02.04 MONTANTE TV PVC SAP 50 MM
- 04.02.05 ACOMETIDA DE TELEFONO
- 04.02.06 ACOMETIDA DE TV

- 04.03 SISTEMA DE INTERCOMUNICADORES
  - 04.03.01 SALIDA PARA INTERCOMUNICADOR
  - 04.03.02 INTERCOMUNICADOR PORTERO C/10  
SALIDAS, CABLEADO
  - 04.03.03 MONTANTE INTERC. PRV SAP 50 MM
  
- 04.04. INSTALACION Y ACABADOS DEL ASCENSOR

La utilización de plantillas y formatos estándar que forman parte del "Know How" de la empresa AyG Edificaciones, la transferencia del conocimiento y la tecnología utilizada en cada proyecto de construcción, las lecciones aprendidas durante la ejecución de las tareas, debe estar disponible para su utilización en forma organizada, no repetitiva y de fácil acceso. Un WBS con todos los entregables del proyecto, debe ir acompañado de una lista de actividades que conforman la ejecución de la tarea a desarrollar, así como también de los recursos necesarios y sus costos de ejecución. A continuación se presenta una de las plantillas del WBS utilizada en el proyecto de construcción del edificio multifamiliar "Malecón Balta".

<b>A y G</b> Edificaciones	<b>ENCOFRADO METALICO</b>		<b>PLANTILLA WBS</b>		
			Revisión: 0		
			Fecha : mar-05		
			Página : 7 de 20		
Proyecto :	"MALECON BALTA"	Cliente :	INTERBANK	Reporte N°: WBS.01.05.04.03	
Contrato N° :	CMB.06.2005	Ubicación :	Av. Balta 135	Fecha: 26 de Marzo del 2005	
Plano N° :	E012	Estructura :	Columnas Piso 7		
El encofrado es: Madera <input type="checkbox"/> Metálico <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/> Especifique: _____					
Responsable de la actividad: _____					
<b>LISTA DE ACTIVIDADES</b>		<b>TIPO DE TRABAJO</b>		<b>RECURSOS UTILIZADOS</b>	
COLOCACION DE TUERCA MARIPOSA	TP <input type="checkbox"/>	TC <input type="checkbox"/>	TNC <input type="checkbox"/>	20 galones de gasolina por cada 100 m2 de encofrado para limpieza de los paneles. 30 galones de desmoldante por cada 100 m2 de encofrado. 100 kg de alambre No 8 por cada 100 m2 de encofrado. Un operario y un ayudante por cada 16 m2 de encofrado en una jornada diaria normal (8 horas) Un encargado que realice el control de calidad y productividad. Paneles metalicos de diversas dimensiones. Elementos de estabilización: postes metálicos y purlales de regulación. Accesorios diversos: tuercas, tirantes, rieles, rigidizadores, alineadores, tapones de plastico, candados, etc.	
VERIFICACION DE MEDIDAS DEL PANEL	TP <input type="checkbox"/>	TC <input type="checkbox"/>	TNC <input type="checkbox"/>		
BUSCAR PANEL	TP <input type="checkbox"/>	TC <input type="checkbox"/>	TNC <input type="checkbox"/>		
LIMPIEZA DE PANEL	TP <input type="checkbox"/>	TC <input type="checkbox"/>	TNC <input type="checkbox"/>		
COLOCACION DEL TIRANTE	TP <input type="checkbox"/>	TC <input type="checkbox"/>	TNC <input type="checkbox"/>		
ROCIADO DE DESMOLDANTE	TP <input type="checkbox"/>	TC <input type="checkbox"/>	TNC <input type="checkbox"/>		
VIAJE SIN MATERIAL	TP <input type="checkbox"/>	TC <input type="checkbox"/>	TNC <input type="checkbox"/>		
TRANSPORTE DEL PANEL	TP <input type="checkbox"/>	TC <input type="checkbox"/>	TNC <input type="checkbox"/>		
MEDICION DEL TRAZO DEL MURO	TP <input type="checkbox"/>	TC <input type="checkbox"/>	TNC <input type="checkbox"/>		
AJUSTE DE ALAMBRE No 8	TP <input type="checkbox"/>	TC <input type="checkbox"/>	TNC <input type="checkbox"/>		
COLOCACION DE CHAVETAS	TP <input type="checkbox"/>	TC <input type="checkbox"/>	TNC <input type="checkbox"/>		<b>COSTOS UNITARIOS POR m2</b>
PRIMER APLOME DE ENCOFRADO	TP <input type="checkbox"/>	TC <input type="checkbox"/>	TNC <input type="checkbox"/>		Mano de obra S/. 10.35
COLOCACION DE POSTE METALICO	TP <input type="checkbox"/>	TC <input type="checkbox"/>	TNC <input type="checkbox"/>		Equipos y materiales S/. 7.43
COLOCACION Y AJUSTE DE RIEL	TP <input type="checkbox"/>	TC <input type="checkbox"/>	TNC <input type="checkbox"/>		
COLOCACION DE SEPARADOR DE PVC	TP <input type="checkbox"/>	TC <input type="checkbox"/>	TNC <input type="checkbox"/>		Observaciones: estos costos solo son referidos al costo directo de la partida encofrado de columnas, no incluyen el IGV ni gastos administrativos diversos, como transporte de encofrados, pérdidas diversas, mantenimiento u otros. Solo incluye la limpieza de paneles durante la ejecución del trabajo, pero no incluye la limpieza total del equipo previo a su devolución al proveedor. Este disgregado de costos fue tomado de la empresa de un proyecto anterior.
AMARRE DEL MUERTO O DURMIENTE	TP <input type="checkbox"/>	TC <input type="checkbox"/>	TNC <input type="checkbox"/>		
RECOLECCION DE ACCESORIOS	TP <input type="checkbox"/>	TC <input type="checkbox"/>	TNC <input type="checkbox"/>		
LECTURA DE PLANOS	TP <input type="checkbox"/>	TC <input type="checkbox"/>	TNC <input type="checkbox"/>		
SEGUNDO APLOME DE ENCOFRADO	TP <input type="checkbox"/>	TC <input type="checkbox"/>	TNC <input type="checkbox"/>		
Notas adicionales: _____ _____ _____ _____ _____					
APROBADO POR:					
AREA DE CONSTRUCCION		SUPERVISION		CLIENTE	
Nombre :		Nombre :		Nombre :	
Firma :		Firma :		Firma :	
Fecha :		Fecha :		Fecha :	

Figura 4.1. Formato para la descripción de entregables de una WBS del Proyecto "Malecón Balta".

ENCOFRADO METALICO DE MUROS		Revisión:	0												
		Fecha :	mar-05												
		Página :	7 de 20												
Proyecto :	Cliente :	Reporte N°:													
Contrato N° :	Ubicación :	Fecha:													
Plano N° :	Estructura :														
<p><b>DESCRIPCION:</b> El presente formato describirá las actividades a realizar por la cuadrilla de colocación y descolocación de encofrado metálico de muros clasificando dichas actividades en tres tipos de labores: trabajo productivo (TP), trabajo contributivo (TC) y trabajo no contributivo (TNC). Además se definirán los recursos utilizados para realizar esta actividad, se trate de recursos materiales, equipos o personal. En base a los costos actuales y a los recursos utilizados se determina el costo unitario directo de la partida encofrado metálico de muros.</p>															
Responsable de la actividad: _____															
LISTA DE ACTIVIDADES	TIPO DE TRABAJO	RECURSOS UTILIZADOS													
COLOCACION DE TUERCA MARIPOSA	TP <input type="checkbox"/> TC <input type="checkbox"/> TNC <input type="checkbox"/>	20 galones de gasolina por cada 100 m2 de encofrado para limpieza de los paneles.													
VERIFICACION DE MEDIDAS DEL PANEL	TP <input type="checkbox"/> TC <input type="checkbox"/> TNC <input type="checkbox"/>	30 galones de desmoldante por cada 100 m2 de encofrado.													
BUSQUEDA DE PANEL Y/O ACCESORIOS	TP <input type="checkbox"/> TC <input type="checkbox"/> TNC <input type="checkbox"/>	100 kg de alambre No 8 por cada 100 m2 de encofrado													
LIMPIEZA DE PANEL	TP <input type="checkbox"/> TC <input type="checkbox"/> TNC <input type="checkbox"/>	Un operario y un ayudante por cada 16 m2 de encofrado en una jornada diaria normal (8 horas)													
COLOCACION DEL TIRANTE	TP <input type="checkbox"/> TC <input type="checkbox"/> TNC <input type="checkbox"/>	Un encargado que realice el control de calidad y productividad.													
ROCIADO DE DESMOLDANTE	TP <input type="checkbox"/> TC <input type="checkbox"/> TNC <input type="checkbox"/>	Paneles metálicos de diversas dimensiones.													
VIAJE O TRANSPORTE SIN MATERIAL	TP <input type="checkbox"/> TC <input type="checkbox"/> TNC <input type="checkbox"/>	Elementos de estabilización de los paneles: postes y puntales de regulación.													
TRANSPORTE DEL PANEL	TP <input type="checkbox"/> TC <input type="checkbox"/> TNC <input type="checkbox"/>	Accesorios diversos: tuercas, tirantes, rieles, rigidizadores, alineadores, tapones de plástico, candados.													
MEDICION DEL TRAZO DEL MURO	TP <input type="checkbox"/> TC <input type="checkbox"/> TNC <input type="checkbox"/>	COSTO DIRECTO UNITARIO POR m2													
AJUSTE DE ALAMBRE No 8	TP <input type="checkbox"/> TC <input type="checkbox"/> TNC <input type="checkbox"/>	MANO DE OBRA	S/. 10.35												
COLOCACION DE CHAVETAS	TP <input type="checkbox"/> TC <input type="checkbox"/> TNC <input type="checkbox"/>	MATERIALES	S/. 1.23												
PRIMER APLOME DE ENCOFRADO	TP <input type="checkbox"/> TC <input type="checkbox"/> TNC <input type="checkbox"/>	EQUIPOS	S/. 6.20												
COLOCACION DE POSTE METALICO	TP <input type="checkbox"/> TC <input type="checkbox"/> TNC <input type="checkbox"/>	COSTO DIRECTO UNITARIO POR m2 S/. 17.78													
COLOCACION Y AJUSTE DE RIEL	TP <input type="checkbox"/> TC <input type="checkbox"/> TNC <input type="checkbox"/>	OBSERVACIONES GENERALES													
COLOCACION DE SEPARADOR DE PVC	TP <input type="checkbox"/> TC <input type="checkbox"/> TNC <input type="checkbox"/>	Estos costos solo son referidos al costo directo de la partida encofrado de columnas, no incluyen el IGV ni gastos administrativos diversos, como transporte de encofrados, pérdidas de materiales y/o equipos, mantenimiento u otros. Solo incluye la limpieza de paneles durante la ejecución del trabajo, pero no incluye la limpieza total del equipo previo a su devolución al proveedor de encofrados.													
AMARRE DEL MUERTO O DURMIENTE	TP <input type="checkbox"/> TC <input type="checkbox"/> TNC <input type="checkbox"/>	Este desgregado de costos fue tomado de la experiencia de la empresa en un proyecto anterior.													
RECOLECCION DE ACCESORIOS	TP <input type="checkbox"/> TC <input type="checkbox"/> TNC <input type="checkbox"/>	GRAFICA DE DISTRIBUCION DEL TIEMPO													
LECTURA DE PLANOS	TP <input type="checkbox"/> TC <input type="checkbox"/> TNC <input type="checkbox"/>														
SEGUNDO APLOME DE ENCOFRADO	TP <input type="checkbox"/> TC <input type="checkbox"/> TNC <input type="checkbox"/>														
<p><b>TP:</b> Son las actividades que le añaden valor al producto, en este caso le añaden valor a la construcción.</p> <p><b>TC:</b> Actividades de apoyo que sirven para realizar el trabajo productivo (TP). No añaden valor pero son necesarias.</p> <p><b>TNC:</b> Actividades que deben ser eliminadas y no apoyan ni le añaden valor a la construcción.</p>	<p><b>PORCENTAJES SEGÚN TIPO DE TRABAJO</b></p> <p>TIEMPO PRODUCTIVO: %</p> <p>TIEMPO CONTRIBUTIVO: %</p> <p>TIEMPO NO CONTRIBUTIVO: %</p>														
<p>APROBADO POR:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>ÁREA DE CONSTRUCCION</th> <th>SUPERVISION</th> <th>CLIENTE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Nombre :</td> <td>Nombre :</td> <td>Nombre :</td> </tr> <tr> <td>Firma :</td> <td>Firma :</td> <td>Firma :</td> </tr> <tr> <td>Fecha :</td> <td>Fecha :</td> <td>Fecha :</td> </tr> </tbody> </table>		ÁREA DE CONSTRUCCION	SUPERVISION	CLIENTE	Nombre :	Nombre :	Nombre :	Firma :	Firma :	Firma :	Fecha :	Fecha :	Fecha :		
ÁREA DE CONSTRUCCION	SUPERVISION	CLIENTE													
Nombre :	Nombre :	Nombre :													
Firma :	Firma :	Firma :													
Fecha :	Fecha :	Fecha :													


Figura 4.2. Propuesta de mejora al formato de entregables de una WBS diseñado por el autor de la tesis.

Dicho formato contiene información importante sobre las operaciones realizadas por los trabajadores para la colocación del encofrado metálico, los recursos utilizados para realizar dicha actividad (por m<sup>2</sup> de avance) y sus costos respectivos. Esta información debe ser continuamente actualizada debido a que cada proyecto de construcción se realiza bajo condiciones distintas y teniendo tecnología diversa. Estos costos son relativos al encofrado metálico UNISPAN para el caso de columnas. Dichos costos y los recursos utilizados varían si realizamos el análisis para encofrado de placas de concreto, ya que estos son elementos que generan costos inferiores al de encofrado de columnas. Asimismo si utilizamos otro proveedor de encofrado metálico, dichas plantillas deben actualizarse porque el proceso constructivo cambia así como la utilización de recursos (por ejemplo estos valores son diferentes si tenemos como proveedor a ULMA ENCOFRADOS).

El conocimiento de esta plantilla está muy relacionado con el control de calidad de dicho entregable (encofrado de columnas) cuya plantilla se muestra a continuación:

<b>A y G</b> Edificaciones	<b>ENCOFRADOS</b>		<b>CONTROL DE CALIDAD</b>
			Revisión: 0 Fecha : Marzo 1005 Página : 1 de 1
Proyecto :	"MALECON BALTA"	Cliente :	INTERBANK
Contrato N° :	CMB-06-2005	Ubicación :	Av. Balta 135
Plano N° :	E012	Estructura :	Columnas Piso 7
Reporte N°: WBS.01.05.04.03 Fecha: 26 de Marzo del 2005			
El encofrado es: Madera <input type="checkbox"/> Metálico <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/> Especifique: _____			
Nombre del sellador usado: _____			
El encofrado cumple requisitos de:			
	Alternativa	Observación	
Condición de uso ?	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/>		
Limpieza de superficie ? (ganchos, aserrín, mortero seco, etc)	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/>		
Amarres, arriostres, verticalidad y alineación ?	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/>		
Contraflecha ?	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/>		
Juntas seguras, parejas, herméticas?	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/>		
Existe cuerdas de alineamiento o plomada en caso de deflexión ?	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/>		
Sellador aplicado ?	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/>		
Orchavos o biseles bien ubicados ?	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/>		
Trazo ?	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/>		
Recubrimiento ?	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/>		
Ubicación de: templadores, pemos, espaciadores, riostras, montantes, paneles, tornapuntas, cuñas, etc ?	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/>		
Humedad en toda la superficie de contacto ?	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/>		
Desmoldantes ?	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/>		
Observaciones generales :			
_____			
_____			
_____			
_____			
_____			
_____			
APROBADO POR:			
AREA DE CONSTRUCCION	SUPERVISION	CLIENTE	
Nombre :	Nombre :	Nombre :	
Firma :	Firma :	Firma :	
Fecha :	Fecha :	Fecha :	

Figura 4.3. Formato para el control de calidad de la colocación de encofrado metálico de columnas del Proyecto "Malecón Balta".

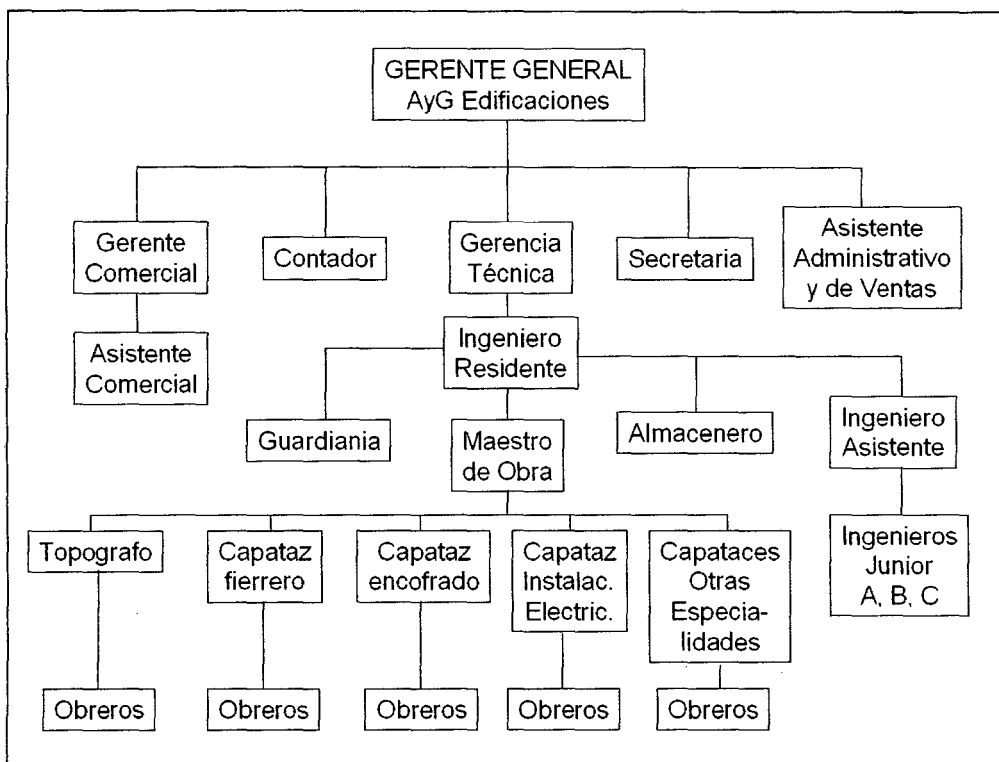
ENCOFRADOS		Revisión: 0	
		Fecha : ene-05	
		Página : 1 de 1	
Proyecto :	Cliente :	Reporte N°:	
Contrato N° :	Ubicación :	Fecha:	
Plano N° :	Estructura :		
El encofrado es: Madera <input type="checkbox"/> Metálico <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/> Especifique: _____			
Nombre del sellador usado: _____			
El encofrado cumple requisitos de:	Alternativa	Numero de piezas o elementos evaluados	Numero de piezas o elementos con errores o fallas
Condición de uso ?	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/>		
Limpieza de superficie ? (ganchos, aserrín, mortero seco, etc)	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/>		
Amarres, arriostres, verticalidad y alineación ?	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/>		
Contraflecha ?	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/>		
Juntas seguras, parejas, herméticas?	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/>		
Existe cuerdas de alineamiento o plomada en caso de deflexión ?	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/>		
Sellador aplicado ?	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/>		
Orchavos o biseses bien ubicados ?	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/>		
Trazo ?	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/>		
Recubrimiento ?	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/>		
Ubicación de: templadores, pernos, espaciadores, riostras, montantes, paneles, tornapuntas, cuñas, etc ?	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/>		
Humedad en toda la superficie de contacto ?	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/>		
Desmoldantes ?	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> NA <input type="checkbox"/>		
Observaciones generales :	Grafico resumen 		
APROBADO POR:			
AREA DE CONSTRUCCION		SUPERVISION	CLIENTE
Nombre :	Nombre :	Nombre :	
Firma :	Firma :	Firma :	
Fecha :	Fecha :	Fecha :	

**Figura 4.4. Propuesta de mejora al formato de control de calidad de encofrados diseñado por el autor de la tesis.**

En la figura 4.7 se esquematiza el organigrama de la empresa AyG Edificaciones



SAC para la puesta en marcha del proyecto de construcción del edificio multifamiliar "Malecón Balta".



**Figura 4.5. Organigrama del proyecto de construcción "Malecón Balta"**

El ingeniero residente recibe órdenes y autoridad de parte de la Gerencia Técnica del Proyecto y junto al maestro de obra, el encargado de almacén, guardianía, ingenieros junior, los capataces por especialidad y los trabajadores de construcción conforman el equipo del proyecto de construcción que realizan sus funciones en obra, es decir dentro de la planta o área donde se realiza la construcción. Si bien el gerente comercial y su asistente, el contador de la empresa, la secretaria, el asistente administrativo y hasta el gerente general no realizan su labor dentro del perímetro de la obra, también aportan sustantivamente al éxito del proyecto.

Uno de los problemas generalizados en nuestras obras de construcción surge a raíz de una programación no realista de nuestros proyectos. La planificación maestra de la mayoría de proyectos de construcción se suele llevar a cabo con

un exagerado nivel de detalle. El esfuerzo realizado para lograr dicha planificación es grande, ya que se plantea toda la obra, lo que nos obliga a analizar y programar un gran número de actividades, ver su correlación, determinar la compatibilidad en el uso de recursos y equipos, realizar la verificación de los rendimientos de cada una de las actividades, la disponibilidad de espacio y de recursos para cumplir con las velocidades de producción necesarias, etc.

De acuerdo con la experiencia en obra, sin embargo, dichas planificaciones demasiado detalladas suelen desviarse del planteamiento original el primer día de la obra. Por consiguiente no queda otro camino que volver a planificar la obra completa regularmente, o abandonar el esfuerzo de planificación y solamente usar la planificación original como un marco de referencia.

Además, por lo general, la obra siempre está atrasada, por lo que dicha programación detallista no cumple su función de planificación (previa al trabajo) y en el mejor de los casos sirve para presentarla a la supervisión o al propietario. Desafortunadamente, la segunda opción suele ser la más frecuente en las obras de construcción en el Perú.

La confiabilidad que podemos obtener de una planificación general muy detallada es muy baja. Para obras medianas y grandes, el cerebro del ser humano resulta ser demasiado pequeño para visualizar todas las condiciones de borde, las múltiples interrelaciones entre cada una de las actividades y procesos constructivos y los cientos de problemas que pueden afectar la planificación general de la obra.

Sin embargo hoy en día se han desarrollado una serie de técnicas de gestión de proyectos que nos permiten predecir con cierto nivel de exactitud los posibles problemas a presentarse en nuestros proyectos y el probable impacto económico y temporal, los cuales serán aplicados en la presente tesis a un proyecto de construcción de edificaciones en nuestro país.

En el caso del proyecto de construcción "Malecón Balta", objeto de nuestro estudio, el sistema de objetivos se encuentra definido por tres variables

fundamentales: costo del proyecto, tiempo de ejecución de la obra y cumplimiento de las especificaciones técnicas.

Estas tres variables (costo, plazo y calidad del proyecto) constituyen el sistema de objetivos del proyecto de construcción "Malecón Balta" y por tanto existen fuerzas internas y externas al proyecto que originarán que la modificación de alguna de estas tres variables influya en las otras dos. Un esquema que representa de manera interesante el comportamiento del sistema de objetivos de nuestro proyecto se ilustra en la figura 1.5 del Capítulo I del presente trabajo de investigación.

Por ejemplo inicialmente se había proyectado utilizar el sistema de muros prefabricados DRYWALL. Sin embargo debido a lo apretado del presupuesto del proyecto se optó por cambiar las especificaciones técnicas del proyecto y utilizar el sistema de albañilería estructural de ladrillos sílico calcáreos P7 y P10 y entregar esta partida a un subcontratista especializado. Como consecuencia de este cambio en la calidad del proyecto el costo directo disminuyó de manera importante, sin embargo el tiempo de ejecución del proyecto aumentó ligeramente debido a que el proceso de colocación del DRYWALL es mucho más rápido y requiere menos personal que el de albañilería con el sistema P7 y P10.

Durante la etapa de Planificación de Riesgos la entrada fundamental viene a ser la Estructura de Descomposición del Trabajo (WBS). Se realiza un análisis de todos los entregables del proyecto de construcción del Edificio "Malecón Balta". Dicho análisis nos servirá para identificar adecuadamente cuáles son los entregables que podrían generar un riesgo importante dentro de nuestro proyecto dependiendo de las características y condiciones especiales del mismo.

El estudio de las especificaciones técnicas; la compatibilización de los planos por especialidades del proyecto de construcción; la revisión de la programación de obra y el presupuesto detallado por partidas; los roles y responsabilidades del equipo de trabajo especificados en la matriz de funciones del proyecto (inciso 2.5.3); la transmisión de la información: los requerimientos de materiales y equipos, órdenes de trabajo y compras del proyecto deben estar especificadas en la matriz de comunicaciones del proyecto (inciso 2.5.4); la tolerancia al riesgo

de los interesados en el proyecto (patrocinadores, inversionista, complementadores, subcontratistas, proveedores, clientes, trabajadores, etc) son algunos de los puntos a discutir por el equipo del proyecto durante la Planificación del Riesgo de nuestra obra de construcción.

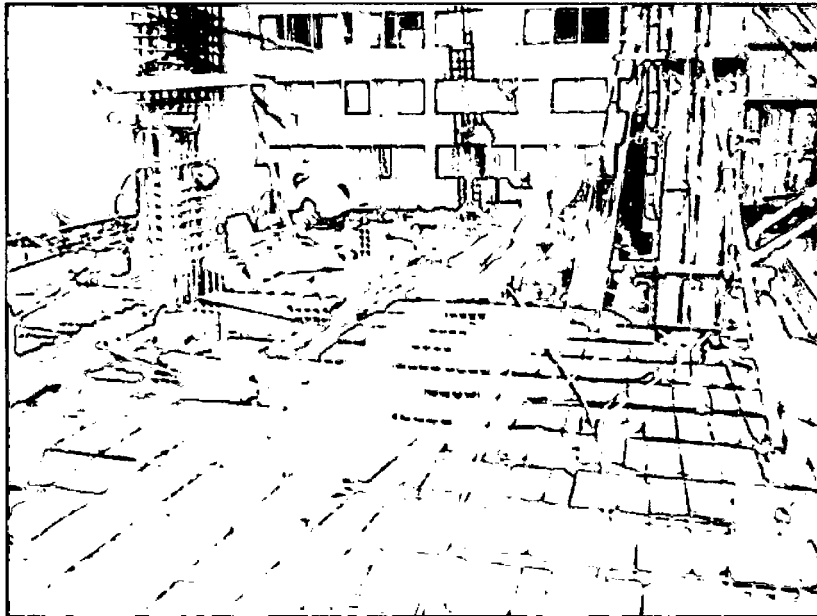
El proyecto Malecón Balta fue minuciosamente estudiado por el equipo de proyecto con la finalidad de tener una imagen clara del trabajo a realizar. Esta revisión del proyecto y sus principales necesidades llevaron al equipo del proyecto a tomar ciertas acciones para mitigar ciertos riesgos y disminuir la posibilidad de ocurrencia de ciertos eventos negativos. Dichas medidas fueron las siguientes:

- Realizar por segunda vez el metrado de las principales partidas del proyecto (encofrados, concreto, acero, tarrajeo, pintura, parquet y cerámicos) con la finalidad de verificar el metrado inicial y mitigar el riesgo de haber cometido un error en el cálculo del volumen proyectado de insumos.
- Volver a cotizar los principales insumos de construcción realizando consultas a varios proveedores con la finalidad de tener una idea clara del costo real actualizado de los materiales que tendrán una mayor participación en nuestro proyecto: concreto premezclado, acero de construcción, encofrados metálicos y encofrados de madera, arena fina, arena gruesa, pinturas, parquet y cerámicos, muebles de cocina, cristales y vidrios, etc.
- Evaluar las cotizaciones y el contenido legal y técnico de los contratos con los subcontratistas especializados con los cuales hubieron varias entrevistas de trabajo. En este caso fue fundamental para el equipo de proyecto el haber realizado las entrevistas con varios subcontratistas para cada una de las especialidades (encofrados, colocación de acero de construcción e instalaciones) ya que ellos fueron la principal fuente de información para la identificación de riesgos del proyecto debido a su vasta experiencia en proyectos de construcción de edificaciones. Al evaluar a varios posibles subcontratistas no solamente se calificaba el

costo de sus servicios sino otras cuestiones de índole técnico como por ejemplo la experiencia como subcontratistas en otros proyectos de similares características y envergadura, la seguridad de la mano de obra ofrecida, la suficiencia de personal especializado para mantener el ritmo de avance planificado para el proyecto según la programación, manejo de cuestiones laborales y/o sindicales y las experiencias y soluciones técnicas ofrecidas por cada subcontratista para llevar a cabo el proyecto de construcción de "Malecón Balta".

- Visitar la zona de trabajo y realizar una inspección de campo que consistió en medir preliminarmente las dimensiones del terreno con la finalidad de chequear los linderos y el perímetro de trabajo y contrastar dicha información de campo con las medidas de los planos del proyecto.
- Tener reuniones de trabajo con profesionales de la construcción que anteriormente han trabajado en proyectos de construcción de edificaciones de viviendas de altura, con la finalidad de aprovechar sus experiencias en proyectos pasados e identificar los principales riesgos del proyecto y tomar las medidas adecuadas para mitigar los riesgos que puedan acontecer tomando en cuentas las características especiales de nuestro proyecto.
- Diseñar formularios y/o plantillas para el plan de gestión de riesgos de la organización. Dichas plantillas pueden ser adaptadas de planes de gestión pasados pero, como en este caso, la empresa nunca antes había desarrollado un plan de gestión de riesgos para sus proyectos, se tuvo que diseñar una serie de formularios para implementar todo el trabajo de gestión de riesgos tomando en cuenta las características de nuestro proyecto constructivo.
- Formular las preguntas y consultas sobre las especificaciones técnicas del proyecto con anterioridad para evitar detener el trabajo en el momento mismo de ejecución de las actividades de construcción. En este caso las principales dudas ocurren por lo general debido a planos incompatibles (no existe coincidencia entre los planos de arquitectura,

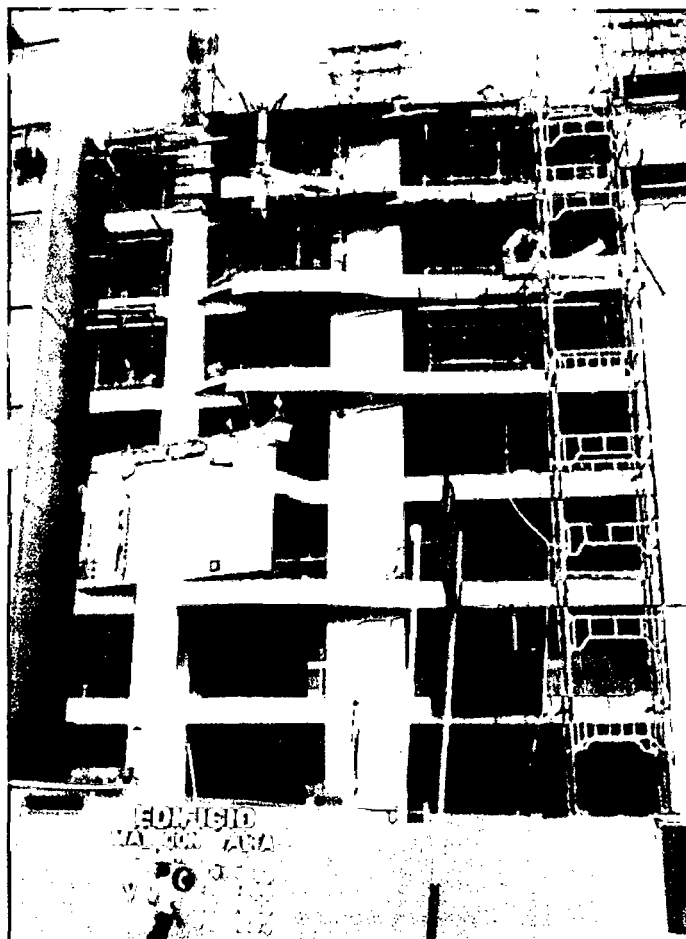
estructuras e instalaciones) o debido a especificaciones no claras en el expediente técnico del proyecto. Las consultas deben ser enviadas con anticipación al consultor encargado de elaborar determinada especialidad en el proyecto con la finalidad de aclarar las dudas previo al trabajo de construcción. En el proyecto de Malecón Balta las principales consultas se concentraron en la especialidad de estructuras por lo que hubo la necesidad de llevar a cabo varias reuniones de planificación con el diseñador estructural del proyecto.



**Foto 4.1. La programación anticipada de materiales mejoró su logística y disponibilidad generando un aumento considerable de la productividad en la construcción.**

- Identificar adecuadamente las fuentes de suministro de agua potable y electricidad para el proyecto de Malecón Balta. En este caso se realizaron varias reuniones con la junta de vecinos de los dos edificios aledaños al edificio de "Malecón Balta" y se llegó a un acuerdo sobre la utilización del agua y la electricidad de las instalaciones de los vecinos de uno de los edificios. Dichas reuniones de coordinación con las juntas de vecinos de ambos edificios también sirvieron para explicar las características operativas del proyecto de construcción y definir las medidas de seguridad a llevar a cabo para las personas que transiten alrededor de las edificaciones vecinas. Después de haber planificado las

fuentes de suministro, se eligieron otras fuentes de abastecimiento cercanas a la zona tomando en cuenta cualquier problema a suscitarse en las fuentes planificadas anteriormente.



**Foto 4.2. Las restricciones de espacio con un almacén de área limitada y la gran altura del edificio fueron dos de los problemas a superar en este proyecto.**

- El área total del terreno es de 240 m<sup>2</sup>, teniendo un área libre de 60 m<sup>2</sup> y cada departamento por piso tiene un área de 80 y 85 m<sup>2</sup> respectivamente. Las dimensiones reducidas de la planta de la obra, tomando en cuenta la altura de la edificación y la gran cantidad de materiales a transportar a cada nivel del edificio, condujo al equipo del proyecto a recomendar el alquiler de un elevador eléctrico con capacidad para 1.5 toneladas para facilitar el transporte interno de materiales y dinamizar los trabajos en construcción para aprovechar al máximo la

mano de obra.

- El análisis espacial de la planta del proyecto, la distribución de la cancha para almacenamiento de materiales térreos e insumos diversos, la zona de tránsito de los trabajadores, los vestuarios, los servicios higiénicos para los obreros y para el personal administrativo, la zona de estacionamiento de los vehículos de transporte de los proveedores de insumos de construcción, la seguridad del ingreso y salida de los stakeholders (involucrados) en el proyecto; conforman las actividades de la planificación operacional del Proyecto de Malecón Balta y se realizó posteriormente al reconocimiento del terreno.
- Debido a las dificultades y restricciones de espacio en nuestro proyecto de construcción se hizo uso de la Avenida Malecón Balta para la llegada y descarga de los materiales e insumos de construcción y por lo tanto obstruir la arteria durante varias horas. Principalmente se tenía ese problema para los vaciados de concreto ya que debido a la ubicación de la bomba de largo alcance o la bomba estacionaria y el estacionamiento del mixer de concreto premezclado necesariamente se tenía que ocupar uno de los carriles de dicha avenida por alrededor de una y dos horas que era el tiempo de duración de vaciado de losas y elementos verticales respectivamente. Para mitigar este riesgo se gestionaron los permisos municipales con mucho tiempo de anticipación para evitar las multas debido a la invasión de una avenida de alto tránsito.
- Se sostuvieron varias reuniones de coordinación con el Sindicato de Trabajadores del Sindicato de Balnearios del Sur. De los sindicatos y asociaciones de desocupados existentes en todo Lima Metropolitana, esta organización ya ha venido trabajando en múltiples obras con la empresa constructora encargada del proyecto por lo que las reuniones fueron más que de negociación, de coordinación.

Las técnicas y herramientas fundamentales para la Planificación de Riesgos de nuestro Proyecto son las reuniones de planificación. Los equipos de proyecto realizan reuniones para elaborar el plan de gestión de riesgos. Los asistentes a



dichas reuniones incluyen al director del proyecto, a los integrantes del equipo del proyecto y a cualquiera dentro de la organización con responsabilidad de gestionar las actividades de planificación y gestión de riesgos, a los interesados clave del proyecto y a participantes externos de acuerdo a la necesidad. Principalmente los participantes externos son miembros de equipos de proyecto que ya han participado en la ejecución de proyectos de construcción con similares características (en este caso edificaciones de altura). Dichas reuniones de planificación se realizan periódicamente a lo largo de todo el proyecto y no solamente a su inicio, con la finalidad de replanificar el trabajo realizado y plantear soluciones y nuevas medidas en caso pueda identificarse o ocurrir algún riesgo inesperado durante la ejecución misma del trabajo.

La empresa constructora encargada de la ejecución del Proyecto "Malecón Balta" posee ciertas políticas de manejo del riesgo, es decir ya posee un enfoque predefinido de cómo encarar el análisis y la respuesta a los riesgos, los cuales son adaptados a cada proyecto de construcción que enfrenta dependiendo de sus características especiales.

Esta misma interacción de fuerzas entre los objetivos del proyecto se puede comprobar si es que nosotros queremos ahorrar dinero utilizando encofrado de madera propio de la empresa. La utilización de encofrado de madera generará retrasos en el proyecto, debido a las dificultades de su instalación y además disminuirá la calidad de los elementos estructurales vaciados bajo este sistema (deformaciones excesivas, mayor cantidad de resanes superficiales, etc).

Existe un caso especial, cuando un cambio a favor del proyecto se da en las tres variables del sistema de objetivos, es decir cuando se incrementa la calidad y a la vez se reduce el costo y el tiempo de ejecución. Cuando esto sucede se ha conseguido una innovación tecnológica lo que repercute en la industria de la construcción y termina desplazando muy rápidamente todas las anteriores tecnologías constructivas relacionadas. Esto ocurrió en el caso de nuestro proyecto al introducir el sistema de tabiquería con ladrillos P7 y P10 (que no necesita tarrajeo) que está desplazando del mercado al sistema tradicional de ladrillos de arcilla, debido a su bajo costo, la rapidez de su ejecución y la alta calidad del producto terminado.

Este es el caso de AyG Edificaciones que manejó a 25 subcontratistas especializados para la ejecución del proyecto multifamiliar "Malecón Balta". Incluso los proyectos de envergadura tienden a ejecutarse por equipos multinacionales, adquiriendo productos de varios países y hasta incluyendo miembros del equipo de construcción de distintas especialidades y nacionalidades.

Hay una mayor conciencia en el cuidado del medio ambiente y en la importancia de mantener un lugar de trabajo seguro y ordenado, tratándose del caso de nuestro edificio de 24 niveles, el orden, la limpieza y la seguridad eran temas primordiales para evitar retrasos, demoras, baja productividad, maltrato de insumos y equipos y accidentes en obra que pudieran lamentarse.

Las tecnologías de computación y telecomunicaciones hacen que los proyectos se encuentren cada vez más interconectados con sus sedes principales y con el mundo entero, usando sistemas satelitales y conexiones a internet para que se pudieran realizar coordinaciones desde la planta de trabajo en la obra hasta las oficinas centrales de AyG Edificaciones. De esta manera se podían enviar archivos y tenerlos a disposición con solamente hacer un clic. La utilización de la tecnología móvil para realizar las coordinaciones debidas en tiempo real con proveedores, subcontratistas y la oficina central de la empresa también resulta en una herramienta fundamental para simplificar el trabajo y hacerlo más eficiente, ordenado y coordinado.

Un proyecto inmobiliario tiene innumerables fases y procesos, que van desde el estudio económico de viabilidad, pasando por la compra del terreno donde se ejecutará la obra hasta llegar a la entrega del inmueble a su propietario y el servicio postventa.

Hay tomar en cuenta también que el estudio de los riesgos previstos y las consecuencias de los riesgos no previstos de la fase de construcción de nuestro edificio se encuentran relacionados con los procesos de todas las demás fases del proyecto inmobiliario. Por ejemplo, durante la fase de Cotizaciones, Procura y Presupuesto se firman los contratos con subcontratistas de partidas

especializadas y con los proveedores de insumos y equipos de construcción. Si en el contrato privado entre la empresa AyG Edificaciones SAC y los subcontratistas y proveedores existieran vacíos en cuanto a las responsabilidades de estos últimos, entonces durante la ejecución del edificio pueden generarse retrasos en la ejecución de cada una de las partidas involucradas o sobrecostos en las mismas, por lo que la fase de construcción se vería afectada no sólo por las características constructivas de los procedimientos empleados, sino por las exigencias contractuales no asignadas adecuadamente dentro del contrato privado.

De la misma forma todos los procesos que forman parte de las fases de Estudio Económico de Viabilidad; Especificaciones Técnicas y Diseño del Proyecto; Presentación, Promoción y Venta del Proyecto y la fase final de Entrega y Cierre del Proyecto inciden en los procesos integrantes de la etapa de Construcción del Edificio Multifamiliar.

El presente estudio tiene como uno de sus objetivos identificar los procesos más riesgosos de la etapa de Construcción del Edificio Multifamiliar con la finalidad de minimizar los efectos negativos y maximizar las oportunidades y efectos positivos que pudieran acontecer a lo largo de la fase de construcción del proyecto, donde muchas veces pudieran evitarse problemas si es que dichos eventos hubieran sido identificados y gestionados con anterioridad.

La empresa AyG Edificaciones SAC promotora y ejecutora del proyecto "Malecón Balta" se encargó de promover, construir y vender los 37 departamentos que conforman el edificio multifamiliar "Malecón Balta" ubicado en una céntrica zona del distrito de Miraflores.

Tomando en cuenta los múltiples procesos que forman parte del proyecto inmobiliario, se ha definido las siguientes seis fases principales en las cuales se puede dividir el ciclo de vida del presente proyecto:

- Estudio económico de viabilidad.
- Especificaciones técnicas y diseño del proyecto.
- Cotizaciones, procura y presupuesto.

- Presentación, promoción y venta del proyecto.
- Construcción del edificio multifamiliar.
- Entrega y cierre del proyecto.

Todas estas fases han sido identificadas y estructuradas por el autor de la presente tesis con la finalidad de representar de la manera más completa posible los principales procesos del proyecto inmobiliario "Malecón Balta". Asimismo es importante recalcar que existieron otros procesos importantes tales como: compra del terreno, licencia de construcción, elección del equipo del proyecto, etc, que no han sido colocadas dentro de la clasificación de "fases principales" pero que forman parte de los subprocesos que componen cada una de las seis fases principales mencionadas anteriormente.

Estas seis fases principales del ciclo de vida del proyecto inmobiliario se encuentran íntimamente relacionadas e incluso no se ejecutan una después de otra, sino que todas ellas ocupan un lapso de tiempo importante dentro del ciclo de vida del proyecto y existen etapas donde se ejecutan la mayoría de fases a la vez.

Refiriéndonos al objeto de nuestro estudio, el proyecto de construcción del edificio multifamiliar "Malecón Balta", su ciclo de vida consta de una serie de procesos constructivos, la mayoría de ellos repetitivos en cada uno de los 20 pisos de departamentos que consta este proyecto, excepto para los 4 niveles sótanos de estacionamientos.

La gran esbeltez del edificio donde se aplicó el presente trabajo de investigación obligó al equipo de diseñadores a reforzar la estructura con elementos de concreto armado no convencionales en edificios de viviendas multifamiliares, lo que originó un notable incremento del costo por metro cuadrado de construcción. Por lo tanto la empresa AyG Edificaciones, para hacer viable el proyecto, se vio obligada a reducir el porcentaje de utilidades que estaba acostumbrada a manejar en este tipo de proyectos inmobiliarios.

Además los límites espaciales que existieron en nuestra obra en particular restringieron de sobremanera el desplazamiento de las cuadrillas de trabajo; así

como la facilidad de almacenamiento de los materiales, equipos y herramientas empleados en la construcción.

En el caso del proyecto "Malecón Balta", tenemos que participaron alrededor de 25 subcontratistas, todas ellas relacionadas contractualmente con la empresa principal, AyG Edificaciones SAC.

La reducción del margen de utilidades obligó a la empresa a estudiar minuciosamente el proyecto, con la finalidad de evitar la generación de sobrecostos durante la construcción del edificio lo que habría ocasionado, en el mejor de los casos, la reducción de utilidades (debido al estrecho margen de ganancias propuesto a la entidad financiera) y muy probablemente la generación de pérdidas cuantiosas tomando en cuenta los innumerables riesgos que supone construir un edificio de tantos pisos, con un presupuesto tan ajustado y un margen de utilidades tan estrecho, en una zona bastante restringida y estrecha, al lado de una arteria tan transitada como es la avenida Malecón Balta, en un distrito con una regulación municipal tan exigente para obras de construcción como lo es Miraflores, con un plazo tan apretado de tan sólo 10 meses, manejando a más de 25 subcontratistas, teniendo en obra a un promedio de 70 trabajadores, con un espacio de tan sólo 50 m<sup>2</sup> de almacén y utilizando además innovadoras tecnologías constructivas como es el uso de los bloques sílico calcáreos P-7 y P-10, que en la época de la construcción de este proyecto, se encontraban recién saliendo al mercado.

En el caso del proyecto de construcción del edificio "Malecón Balta", origen del presente estudio, las entidades reguladoras que participaron del presente proyecto fueron:

- La municipalidad distrital de Miraflores.
- Sindicato de Trabajadores de Balnearios del Sur.
- Serenazgo.
- La supervisión de ingeniería del Banco Interbank.
- El Colegio de Ingenieros del Perú.

El proyecto de construcción del edificio "Malecón Balta" tiene algunas singulares

*"MODELO DE GESTION DE RIESGOS PARA PROYECTOS DE CONSTRUCCION EN EL PERU"*

características que influirán en la ejecución de su proceso constructivo:

- No es una edificación convencional. Es una edificación de 24 niveles de altura que consiste en cuatro sótanos para estacionamiento, un hall de recepción y 19 pisos de departamentos. La gran altura del edificio genera múltiples problemas de suministro de materiales a cada nivel del edificio.
- Se encuentra ubicado en una avenida muy transitada del distrito de Miraflores, en la primera cuadra de la Av. Balta, cuadra que es un cuello de botella vehicular ya que al empezar dicha avenida es muy estrecha. Esta característica genera una restricción de espacio en la obra, lo que generará inconvenientes para los proveedores de materiales y para la respectiva distribución de los mismos y su transporte interno dentro de la obra.
- La excavación y movimiento de tierras será de aproximadamente 7,000 m<sup>3</sup> a una profundidad del nivel de la calle de 10 m. Para realizar este procedimiento constructivo y facilitar el acarreo y eliminación de material excedente se dejó una rampa de acceso para los volquetes.
- La edificación está conformada por un sistema estructural mixto de placas y columnas. Por tanto existen gran cantidad de vanos en el perímetro de cada piso del edificio que, debido a su gran altura, se convierte en un peligro constante para los trabajadores y el personal de obra.

Luego de haber estudiado y evaluado intuitivamente las posibles fuentes de riesgos, se decidió estructurar con el equipo de proyecto una Estructura de Descomposición del Riesgo (RBS – Risk Breakdown Structure) con los siguientes puntos fundamentales:

- Problema contractual con el proveedor o subcontratista.
- Incremento del precio de insumos y materiales de construcción.
- Falla en el suministro de materiales por parte del proveedor.
- Accidentes en obra por falta de seguridad en la construcción.

- Marcha de trabajadores o huelga sindical.
- Baja productividad de la mano de obra y/o equipo.
- Baja calidad de la construcción por falta de control de los procedimientos constructivos.

La lista anterior contiene siete de las amenazas o riesgos negativos más frecuentes en los proyectos de construcción de edificaciones en el Perú. Existen otras amenazas que no se encuentran en la lista anterior, pero que desde la etapa de planificación del Proyecto de Malecón Balta, con todas las medidas adoptadas, se han minimizado y mitigado en caso de ocurrencia.

A continuación se mencionan algunos de los riesgos positivos u oportunidades del proyecto constructivo. Como ya se ha mencionado en un punto anterior, los riesgos no son necesariamente eventos negativos, si no que pueden representar ventajas y oportunidades para el equipo de proyecto y la consecución de los objetivos del mismo:

- Ventaja u oportunidad por incumplimiento del subcontratista.
- Disminución del precio de insumos o materiales de construcción.
- Alta productividad de la mano de obra y/o equipo.
- Mejoramiento de procedimientos constructivos a través de innovaciones tecnológicas en la construcción.

Durante la etapa de planificación de riesgos ya hemos mitigado y/o minimizado ciertos riesgos negativos (amenazas) como: fallas en las especificaciones técnicas y/o planos, metrados mal elaborados, cotizaciones diversas, permisos con la municipalidad, ausencia de fuentes de provisión de agua potable y electricidad, problemas con el sindicato de trabajadores, etc.

Así mismo el equipo de proyecto ha capitalizado algunos riesgos positivos (oportunidades) como: aprovechar la experiencia de los subcontratistas, reuniones con profesionales expertos en proyectos de construcción con similares características, coordinaciones con el Sindicato de Trabajadores del Sindicato de Balnearios del Sur, etc.

Todos estos riesgos, ya han sido planificados, identificados y evaluados adecuadamente, pasando por un proceso de planificación de respuestas para mitigarlos y minimizarlos, por lo cual ya no son tomados en cuenta durante las siguientes etapas de la gestión de riesgos del proyecto "Malecón Balta", pero sí vienen a formar parte de la etapa de supervisión y control de riesgos.

Todos estos factores de riesgos y muchos otros factores adicionales que se mencionarán y analizarán a lo largo del presente estudio, dieron lugar a la aplicación de los procesos y herramientas de la gestión de riesgos con la finalidad de predecir, mitigar o eliminar dichos eventos en cuyo caso de ocurrencia hubieran afectado el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

#### **4.1) Determinación de las variables del modelo**

Todo proyecto es un esfuerzo temporal emprendido para crear un producto o un servicio único. La Gerencia de Proyectos es el arte y la ciencia de predecir las diferentes variables que se encuentran inmersas dentro de la materialización de una idea, con la finalidad de manejar con eficiencia y eficacia la planificación, ejecución y control de un proyecto cumpliendo con los parámetros establecidos preliminarmente para su realización.

Existen tres parámetros fundamentales que definen las características esenciales de cualquier tipo de proyecto: costo del proyecto, tiempo de realización del proyecto y las especificaciones técnicas del proyecto.

Estas tres variables son fundamentales para el control y el éxito de todo proyecto de construcción. Si bien la tercera variable, las especificaciones técnicas del proyecto, no es predecible a un nivel de detalle aceptable, sin embargo la variable costo del proyecto forma parte de un presupuesto, mientras que la segunda variable, el tiempo de ejecución del proyecto, es parte de una programación preliminar y en base a dichos datos iniciales podremos formular un modelo estadístico según las características específicas del proyecto en cuestión.



Por lo tanto las dos variables que formarán parte de los datos de entrada de nuestra simulación serán:

- CURVA DE DISTRIBUCION PROBABILISTICA DEL COSTO DIRECTO DE CADA PARTIDA DEL PRESUPUESTO DEL PROYECTO.
- CURVA DE DISTRIBUCION PROBABILISTICA DEL TIEMPO DE EJECUCION DE CADA PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA RUTA CRITICA DEL PROYECTO.

Después de haber realizado un análisis de todas partidas integrantes del costo directo de la construcción de la obra (las cuales se detallan en el WBS al principio del presente capítulo), el equipo de proyecto determinó realizar un análisis cualitativo y cuantitativo de riesgos solamente a ciertas partidas del proyecto, tomando en cuenta una serie de factores que podrían inducir variabilidad a nuestro proyecto de construcción entre los cuales se encuentran: confiabilidad de los subcontratistas de mano de obra, eficiencia de los proveedores de insumos de construcción, productividad de la mano de obra, procedimientos constructivos a emplear, seguridad en la construcción, relaciones con el sindicato de trabajadores de construcción y las poblaciones que residen cerca a la obra, control de calidad de los procedimientos constructivos, estabilidad de los precios de los insumos de construcción a emplear, etc. Todos estos factores serán analizados cualitativa y cuantitativamente en el presente capítulo.

En la siguiente tabla se muestran las características principales de las partidas más importantes del proyecto de construcción del edificio "Malecón Balta":

Nombre de la partida	Subcontrato de Mano de Obra	Subcontrato a todo costo	Partida de AyG	Especialidad	Simulacion
OBRAS PROVISIONALES		x		Estructuras	-
OBRAS PRELIMINARES		x		Estructuras	-
MOVIMIENTO DE TIERRAS		x		Estructuras	Monte Carlo
MUROS PANTALLA		x		Estructuras	Monte Carlo
INSTALACIONES ELECTRICAS		x		Instalaciones	-
INSTALACIONES ELECTROMECHANICAS		x		Instalaciones	-
ENCOFRADOS		x		Estructuras	Monte Carlo
INSTALACIONES SANITARIAS		x		Instalaciones	-
INSTALACIONES CONTRAINCENDIO		x		Instalaciones	-
CONCRETO			x	Estructuras	Monte Carlo
ACERO DE CONSTRUCCION	x			Estructuras	Monte Carlo
TRANSPORTE INTERNO DE MATERIALES			x	Estructuras	Monte Carlo
LIMPIEZA DE OBRA			x	Estructuras	Monte Carlo
MUROS DE TABIQUERIA		x		Arquitectura	Monte Carlo
RESANE DE SUPERFICIES DE CONCRETO			x	Arquitectura	Monte Carlo
TARRAJEO DE CIELO RASO E INTERIORES			x	Arquitectura	Monte Carlo
CONTRAPISO			x	Arquitectura	Monte Carlo
PISOS Y PAVIMENTOS				Arquitectura	-
ZOCALOS				Arquitectura	-
EMPASTE Y PINTURA DE MUROS		x		Arquitectura	-
TARRAJEO EN EXTERIORES			x	Arquitectura	Monte Carlo
APARATOS Y ACCESORIOS SANITARIOS	x			Arquitectura	-
VIDRIOS CRISTALES Y SIMILARES	x			Arquitectura	-
PARQUET	x			Arquitectura	Monte Carlo
CARPINTERIA DE MADERA		x		Arquitectura	-
CERRAJERIA		x		Arquitectura	-
CARPINTERIA METALICA		x		Arquitectura	-
COBERTURAS			x	Arquitectura	-

**Tabla 4.1. Características de las principales partidas del proyecto de construcción "Malecón Balta"**

De las principales partidas mostradas en la tabla anterior, el equipo de proyecto decidió realizar el análisis cuantitativo de riesgos por medio de la simulación de Monte Carlo a las siguientes partidas:

- Acero de construcción
- Concreto
- Encofrados
- Contrapiso
- Excavaciones
- Limpieza de obra
- Muros de tabiquería
- Muros pantalla

- Parquet
- Resane y solaqueo
- Tarrajeo de cielo raso e interiores
- Tarrajeo en exteriores
- Transporte interno de materiales

Todas estas partidas fueron objeto de un análisis cualitativo preliminar en el cual se evaluó los posibles riesgos (positivos y negativos) de cada una de ellas, tomando en cuenta una serie de factores como: seguridad en la construcción, eficiencia del proveedor, huelgas de trabajadores, problemas con el sindicato, control de calidad de procedimientos constructivos, alza en el precio de los insumos de construcción, baja productividad de la mano de obra, modificaciones o problemas contractuales, etc.

Dicho análisis cualitativo nos permitió obtener un valor del impacto del riesgo en el costo de la partida en caso de ocurrencia. Dicho valor puede aumentar el costo de la partida (amenaza o evento negativo) o disminuir el costo de la misma (oportunidad o evento positivo). Dependiendo de las características de la partida y de las condiciones contractuales, técnicas o laborales en medio de la cual se ejecuta determinado proceso constructivo, se realiza el ajuste de la curva de distribución del costo directo de la partida tomando en cuenta el impacto del riesgo en el costo de la partida en caso de ocurrencia.

Las características de la simulación, así como la explicación de la determinación de la forma y características probabilísticas de las curvas de distribución del costo de una las partidas serán explicadas con mayor detenimiento en la sección 4.2.

La simulación desarrollada para el tiempo de ejecución del proyecto no se realiza con las partidas del presupuesto. Para desarrollar la programación de la obra, se ha tomado en cuenta los procesos constructivos que pertenecen a la ruta crítica del proyecto (conjunto de actividades secuenciales que determinan el tiempo de ejecución del proyecto entero, definición acuñada en la sección 1.8). Dichas actividades son

interdependientes entre sí y cualquier atraso en cualquiera de ellas, determina el atraso del proyecto entero. Existen otras actividades que no han sido tomadas en cuenta dentro de la programación de la ruta crítica elegida, y cuyo atraso podrían generar la postergación del fin del proyecto (esto ocurre cuando una actividad con holgura se retrasa una cantidad de tiempo mayor a la holgura que la caracteriza), afectando, por tanto, la ruta crítica del proyecto. La razón por la cual dichas actividades no han formado parte de la simulación del tiempo de ejecución del proyecto, fue que parte importante de la metodología de gestión de riesgos ha consistido en ejecutar dichas actividades con la suficiente anticipación, de modo que a pesar de un atraso en cualquiera de dichas actividades no críticas, no perjudique el desarrollo normal de la ruta crítica del proyecto.

Las actividades o procesos constructivos que han sido tomados en cuenta como integrantes de la ruta crítica del proyecto de construcción del edificio de "Malecón Balta" fueron los siguientes:

- Obras provisionales y preliminares
- Movimiento de tierras
- Muros pantalla
- Cimentaciones
- Casco sótano 1
- Casco sótano 2
- Casco sótano 3
- Casco sótano 4
- Casco piso 1
- Casco piso 2
- Casco piso 3
- Casco piso 4
- Casco piso 5
- Casco piso 6
- Casco piso 7
- Casco piso 8
- Casco piso 9

- Casco piso 10
- Casco piso 11
- Casco piso 12
- Casco piso 13
- Casco piso 14
- Casco piso 15
- Casco piso 16
- Casco piso 17
- Casco piso 18
- Casco piso 19
- Casco piso 20
- Cielo raso y tarrajeo interior
- Muros de tabiquería
- Contrapiso
- Empaste y Primera mano de pintura
- Cerámicos
- Carpintería y vidrios
- Instalación de parquet
- Muebles de cocina y sanitarios
- Segunda mano de pintura
- Acabados varios

A continuación se muestra un resumen de los costos de ejecución mes a mes del proyecto de construcción de "Malecón Balta" hasta el mes de Abril del 2005.

Mes	CMPTP	CMPT E	CMRTE
Noviembre	154224,43	148455,23	156221,51
Diciembre	193215,05	198727,36	195272,36
Enero	223122,25	243634,56	260634,56
Febrero	348986,48	349498,79	347498,79
Marzo	398430,73	376943,04	382943,04
Abril	383112,51	391624,82	396624,82
Mayo	440413,72	-	-

Junio	559732,88	-	-
Agosto	384805,10	-	-
Setiembre	444847,41	-	-
Octubre	198271,21	-	-

**Tabla 4.2. Costos del proyecto de construcción "Malecón Balta".**

Leyenda:

CMPTP: Costo Presupuestado del Trabajo Planificado

CMPTE: Costo Planificado del Trabajo Ejecutado

CMRTE: Costo Real del Trabajo Ejecutado

Estos valores representan costos puntuales mensuales. Sin embargo el análisis del valor ganado se realiza con los costos acumulados, de esta manera podemos realizar el análisis del avance así como también del gasto generado por el proyecto hasta el momento actual. La tabla resumen de los costos acumulados del proyecto de construcción hasta el mes de Abril se presentan a continuación.

Mes	CAPTP	CAPTE	CARTE
Noviembre	154224,43	148455,23	156221,51
Diciembre	347439,48	347182,59	351493,87
Enero	570561,73	590817,15	612128,43
Febrero	919548,21	940315,94	959627,22
Marzo	1317978,94	1317258,98	1342570,26
Abril	1701091,45	1708883,80	1739195,08

**Tabla 4.3. Costos Acumulados del proyecto de construcción "Malecón Balta". Datos necesarios para el Análisis del Valor Ganado.**

Leyenda:

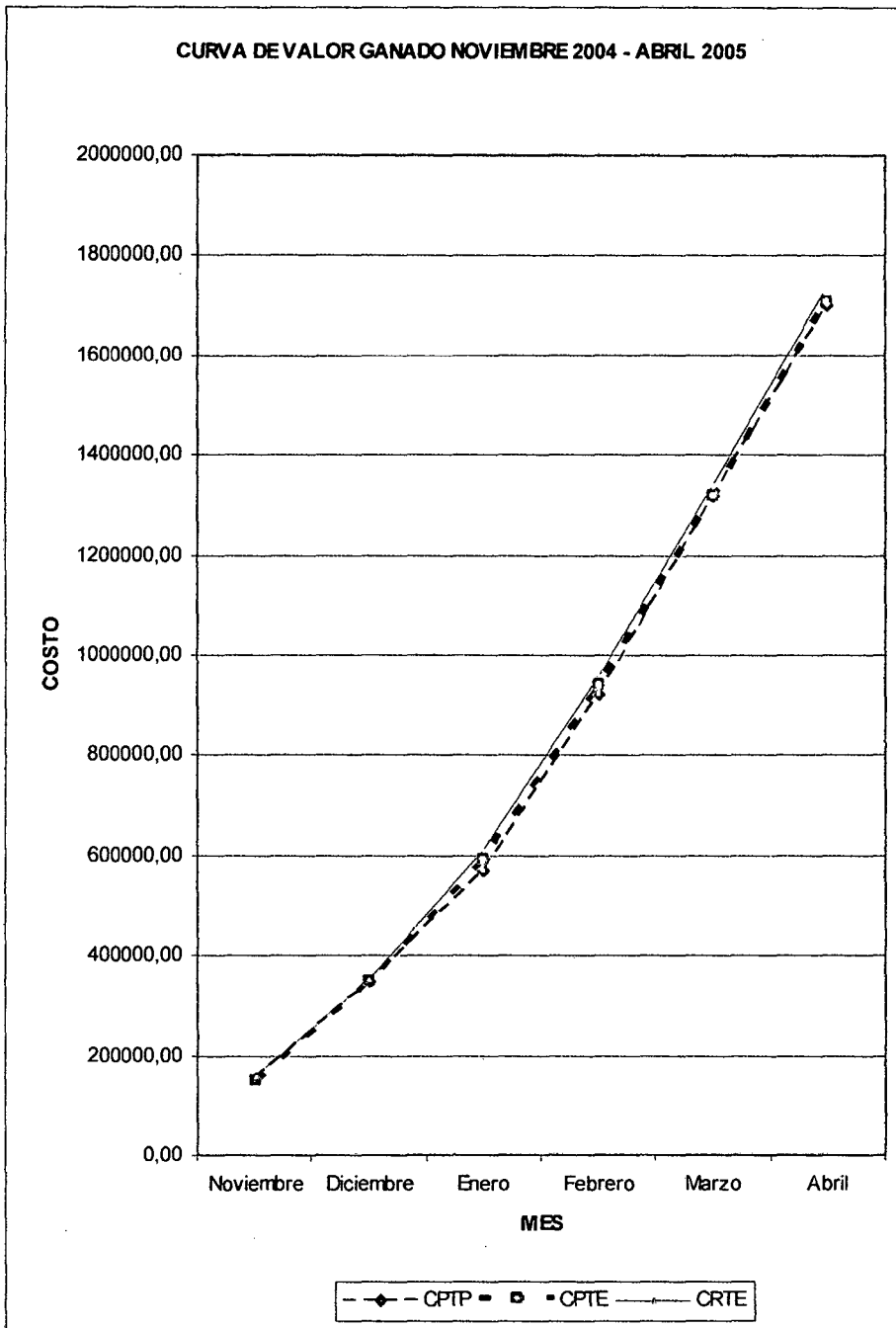
CAPTP: Costo Acumulado Presupuestado del Trabajo Planificado

CAPTE: Costo Acumulado Planificado del Trabajo Ejecutado

CARTE: Costo Acumulado Real del Trabajo Ejecutado

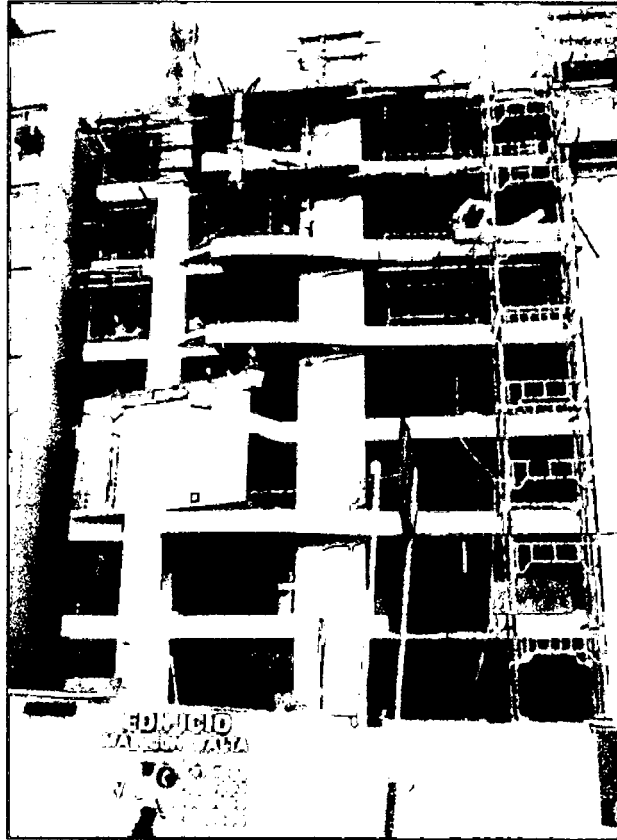
Para el mes de noviembre tenemos que el CAPTP es mayor que el CAPTE, esto quiere decir que nuestro proyecto se encuentra atrasado y no se ha cumplido con ejecutar todas las tareas planificadas al principio del mes. Para este mismo mes el CAPTE es menor que el CARTE por lo tanto tenemos que hemos gastado más dinero que el planificado para realizar las tareas realizadas, lo que nos informa que nuestras utilidades se reducirán si seguimos con esta tendencia.

A continuación se muestra el gráfico con estas tres curvas, las cuales son una importante herramienta para controlar y administrar los riesgos que se presenten en el costo y tiempo de ejecución de nuestros proyectos, ya que mediante su análisis podemos tomar las acciones necesarias para cumplir exitosamente con los objetivos de nuestro proyecto.



**Gráfico 4.1. Curva de Valor Ganado del proyecto de los seis primeros meses de ejecución del proyecto "Malecón Balta". CAPTP: Costo Acumulado Presupuestado del Trabajo Planificado. CAPTE: Costo Acumulado Planificado del Trabajo Ejecutado. CARTE: Costo Acumulado Real del Trabajo Ejecutado.**





**Foto 4.3. Las restricciones de espacio y la gran altura del edificio fueron dos problemas a superar en este proyecto.**

En el proyecto de construcción del edificio multifamiliar "Malecón Balta" debido a lo reducido de su área (240 m<sup>2</sup>) sólo se tenía un espacio para almacén de 50 m<sup>2</sup>. la solución para enfrentar este problema es pedir los materiales con mucho tiempo de anticipación y presionar al proveedor para que lo descargue en obra a una fecha y hora determinada. De esta manera apenas llegado el material a obra se cargaba dentro del elevador eléctrico y era trasladado hasta el piso correspondiente. De esta manera también se evitaba las excesivas demoras que hubieran surgido si se desplazaba el insumo hasta el almacén, debido a las actividades de descarga, clasificación, inspección, almacenamiento, control de inventarios, carga, desplazamiento y descarga en el piso requerido, lo que hubiera significado tiempo muerto excesivo de mano de obra.

En el caso de la construcción del edificio "Malecón Balta" la actividad

restrictiva era la colocación de los muros de bloques sílico calcáreos P7 y P10. Al principio la velocidad de avance de esta cuadrilla de trabajo avanzaba a razón de un piso semanal, cuando todas las demás cuadrillas avanzaban con un ratio de piso y medio por semana (tres pisos terminados cada dos semanas). La lentitud del trabajo era producido por los siguientes factores:

- Retrasos en la llegada de los bloques P7 y P10 a obra.
- Dificultades en el suministro de los bloques a cada piso.
- Errores del trazador que generaba trabajo rehecho a la cuadrilla.
- Falta de herramientas de los trabajadores que tenían que esperar a que otro trabajador desocupe las herramientas que ellos necesitaban.
- Falta de limpieza en la zona de trabajo que dificultaba el normal desplazamiento de los trabajadores.
- El reducido espacio por piso, debido a que en cada piso habían bloques P7 y P10, arena gruesa, arena fina, cilindros de agua, y acero corrugado de construcción de 3/8" y 1/4" esparcidos por toda el área, lo que generaba una reducción del área disponible.

Todos estos factores generaban la reducción en un 30% de la productividad de la mano de obra dedicada a la colocación de los bloques P7 y P10. Esto se evidenció aún más cuando debido a la baja productividad ingresaron un operario y un oficial más a la cuadrilla, sin generar mejoras en la velocidad de producción, muy por el contrario, el ingreso de estos trabajadores generó mayor desorden e incomodidades para el resto del personal.

Según la Teoría de Restricciones, para superar los problemas que genera un cuello de botella se tienen que seguir los siguientes pasos, llamados los 5 pasos de focalización:

**(a) Identificar la restricción del sistema**

Tres factores nos llevaron a identificar nuestro cuello de botella: los tres pisos de ventaja que los tarrajeadores de cielo raso le sacaron

a la cuadrilla de colocación de bloques P7 y P10; los tiempos muertos excesivos de esta cuadrilla y las extensas esperas de la cuadrilla siguiente.

**(b) Explotar la restricción del sistema**

Realizar el pedido de bloques P7 y P10 y los insumos necesarios para ejecutar la tarea restrictiva (acero, agregados y cemento) con la suficiente anticipación posible (dos semanas antes de su instalación). Una vez llegados los bloques e insumos de esta cuadrilla a obra, eran los materiales que tenían la prioridad de hacerlos llegar mediante el elevador eléctrico a los pisos donde se les requería. Existían dos controles de calidad minuciosos por parte de dos ingenieros junior y el propio asistente para evitar errores en el trazado de los muros para minimizar tiempo perdido y trabajo rehecho en la cuadrilla de albañilería. Se distribuyeron los trabajadores en dos frentes de trabajo con la finalidad de tener más espacio para maniobrar y realizar la tarea de colocación de los bloques P7 y P10. Con todas estas medidas se logró incrementar la producción de la cuadrilla restrictiva sin necesidad de invertir recursos adicionales o contratar a más personal.

**(c) Subordinar todo a la restricción del sistema**

Todo el esquema operativo de la obra comenzó a funcionar al ritmo que marca la restricción, es decir se protegía el ritmo de avance de la cuadrilla restrictiva por encima de las otras cuadrillas que tenían un ritmo de producción superior. Por ejemplo, una vez llegados los bloques e insumos de esta cuadrilla a obra, eran los materiales que tenían la prioridad de hacerlos llegar mediante el elevador eléctrico a los pisos donde se les requería. El control de calidad del trazo de los muros se convirtió en el control más importante de la obra junto con el control de calidad de la colocación de los bloques. De todos los ingresos de personal proveniente del sindicato de trabajadores, ninguno se le incluyó a esta cuadrilla de trabajo. Con todas estas medidas se logró estabilizar los rendimientos de colocación de los bloques sílico calcáreos y mantenerlos estables.

**(d) Elevar la restricción del sistema**

Implica encarar un programa de mejoramiento del nivel de actividad de la restricción, esto se logró incrementando la cantidad de personal que pasó a formar parte de un tercer frente de trabajo. Se incrementó el pago al subcontratista por m<sup>2</sup> de bloques colocados dependiendo del cumplimiento de las metas semanales impuestas por la administración de la obra.

**(e) Después de haber elevado la restricción, volver al paso 1.**

Una vez incrementada la velocidad de avance de la cuadrilla de colocación de bloques sílico calcáreos desde un piso por semana hasta casi dos pisos por semana, esta cuadrilla alcanzó a la cuadrilla de tartajeo de cielo raso que había disminuido su producción y se había convertido en la nueva restricción del sistema de construcción del proyecto "Malecón Balta". Para seguir mejorando el sistema, se volvió a iniciar todos los pasos iterativamente para conseguir el mejoramiento del sistema entero.

En la construcción también tenemos restricciones técnicas que debemos considerar, estas restricciones conocidas como "esperas técnicas" deben ser consideradas al momento de ejecutar y programar una obra. Por ejemplo para iniciar la pintura de los muros del edificio "Malecón Balta", las paredes deben haber sido empastados con anterioridad y se debe esperar un lapso de tiempo determinado (según las características del empaste) para que la pintura se adhiera adecuadamente. Lo mismo ocurre con el desencofrado del fondo de viguetas, fondo de vigas y costado de vigas y frisos. Cada uno de estos elementos tiene un tiempo mínimo de encofrado a partir del día de vaciado, que depende de las características de la edificación. Para el caso del proyecto "Malecón Balta", los tiempos de permanencia del encofrado fueron los siguientes:

Elementos verticales (columnas y placas): 1 día

Costado de vigas y frisos: 2 días

Fondo de viguetas: 7 días

Fondo de vigas: 15 días

Como se puede deducir, estos tiempos técnicos de encofrado limitan el uso de los equipos y sin una adecuada planificación y suministros de los mismos a obra, pueden generarse graves retrasos que afectarían no sólo a la cuadrilla de encofrado sino a todas las cuadrillas siguientes debido a la interrelación de todas las actividades constructivas que van concatenadas una detrás de otra formando una especie de "tren de actividades" o "vagones de trabajo", donde el retraso de cualquier parte del tren genera el retraso de las actividades siguientes.

Para el caso del proyecto de aplicación del presente estudio, la construcción del edificio "Malecón Balta", que estuvo a cargo de la empresa AyG Edificaciones SAC, fue del tipo Ingeniería, Procura y Construcción.

La etapa de ingeniería consistió en los siguientes procesos:

- La evaluación de la factibilidad del proyecto.
- Diseño estructural.
- Diseño arquitectónico.
- Diseño de instalaciones sanitarias, eléctricas y electromecánicas.
- Metrados, análisis de costos y elaboración del presupuesto.

La etapa de procura del proyecto consistió en los siguientes procesos:

- Búsqueda de proveedores de la zona.
- Cotizaciones de materiales, equipos y herramientas.
- Búsqueda y evaluación de subcontratistas especializados.
- Elección de proveedores y subcontratistas.

Los subcontratistas (suministran insumos, equipos y la mano de obra para la ejecución de ciertas partidas especializadas) fueron de las siguientes especialidades:

- Movimiento de tierras
- Muros pantalla
- Concreto premezclado
- Encofrado metálico
- Encofrado de madera
- Habilitación y colocación de acero de construcción
- Instalaciones eléctricas
- Instalaciones sanitarias
- Colocación de aparatos sanitarios
- Albañilería estructural
- Empaste y pintura
- Preparación y colocación de puertas
- Colocación de mayólicas y cerámicos en zócalos
- Colocación de alfombra
- Colocación de parquet
- Preparación de marcos de aluminio y colocación de vidrios y mamparas.
- Colocación de piso laminado
- Enchapado de madera en hall de recepción
- Sistema de ascensor
- Sistema contra incendio
- Sistema de extracción de gases
- Sistema de intercomunicadores
- Fabricación y colocación de muebles de cocina
- Instalación de electrobombas y sus respectivos tableros
- Jardinería

La etapa de construcción abarca todos los procesos de puesta en marcha de la instalación o ejecución de la obra "Malecón Balta".

Al igual que para las partidas principales del presupuesto del proyecto de construcción de "Malecón Balta", se realizó un análisis cualitativo preliminar de los posibles riesgos que podrían alterar el normal desarrollo de la ejecución del edificio. Dicho análisis sirvió para obtener el impacto del

riesgo dentro del programa de ejecución de la obra en caso de ocurrencia del evento de riesgo.

Las variables de salida que dependerán del diseño de nuestro modelo y de las características de nuestra simulación, basada en la Teoría de Monte Carlo, serán:

- CURVA DE DISTRIBUCION PROBABILISTICA DEL COSTO DIRECTO DEL PROYECTO
- CURVA DE DISTRIBUCION PROBABILISTICA DEL TIEMPO DE EJECUCION DE LA RUTA CRITICA DEL PROYECTO

Con respecto al último proceso de la gestión de riesgos, el relacionado con la respuesta a los riesgos del proyecto, a continuación se explican las cuatro estrategias de respuesta a los riesgos:

#### **(i) Evitar**

Evitar riesgos es cambiar el plan del proyecto para eliminar el riesgo o sus condiciones o para proteger los objetivos del proyecto de su impacto. Aunque el equipo de proyecto no puede eliminar todos los sucesos de riesgo, algunos sucesos específicos pueden ser evitados. Algunos sucesos de riesgo que surgen temprano en el proyecto pueden ser gestionados por medio de la clarificación de los procedimientos, obteniendo información, mejorando la comunicación o adquiriendo experiencia.

Una de los modos de evitar cualquier riesgo de retraso por la ocurrencia de algún evento inesperado en el proyecto de Malecón Balta es insertar un lapso de tiempo prudencial de 25 días útiles (un 10% del tiempo total de ejecución de la obra de 253 días útiles) al final de la programación normal de actividades. Dicho lapso de tiempo funciona como un colchón o amortiguador que protege la fecha de culminación del proyecto de eventos inesperados. La programación

de la obra, como se detalla más adelante, es bastante exigente debido a la premura de la dirección de la empresa en culminar el proyecto en el menor tiempo posible. Los días sábados se programa todo el día pagándoles horas extras a los trabajadores. Una programación tan ajustada y exigente tiende a fallar debido a la ocurrencia de cualquier evento inesperado que no puede ser evitado tales como: huelga de trabajadores, falla o retraso de algún proveedor en cuanto al suministro de materiales, problema financiero de la empresa, etc.

A dicho lapso de tiempo que protege la fecha de culminación del proyecto entero se le denomina BUFFER del PROYECTO (la traducción del término "buffer" al castellano es "amortiguador"). Una característica especial que tiene este amortiguador de proyecto es que coloca AL FINAL DE LA PROGRAMACION DE ACTIVIDADES DEL PROYECTO ENTERO y no en medio de la programación del proyecto. En la sección 1.8 se explica la metodología de programación de proyectos con la utilización de amortiguadores de tiempo denominada Cadena Crítica, basada en los conceptos de la Teoría de Restricciones.

En muchas empresas constructoras la estrategia para generar una programación eficiente es no programar actividades para el día sábado. De esta manera los días sábados sirven para realizar actividades que no pudieron cumplirse durante la semana. Esta manera de evitar riesgos y generar amortiguadores en medio de la programación tiene el gran defecto de postergar la culminación del proyecto ya que no se aprovecha al máximo la mano de obra los días sábados y genera que las cuadrillas de trabajo regulen su esfuerzo y tengan la seguridad de que en caso no puedan cumplir con alguna actividad, tengan el día sábado para alcanzar la programación semanal. Esto a su vez genera que muchas actividades queden pendientes para el día sábado y no puedan ser ejecutadas ese día. Por lo tanto ni siquiera la programación semanal logra cumplirse.



Debido a la ocurrencia de este fenómeno se optó por programar el proyecto normalmente incluyendo al día sábado con una jornada de 8 horas y colocando el amortiguador al final de la programación del proyecto entero que servirá de colchón en caso de ocurrencia de eventos extremos. Esto hace que el trabajador de construcción se exija al máximo para cumplir con las metas semanales, y en todo caso, si es que sucede algún evento inesperado que no pueda ser controlado por la administración de la obra, pueda ser absorbido por esa protección de tiempo al final del proyecto.

En el capítulo siguiente se explica con mayor detenimiento el por qué se eligió un porcentaje de 10% del tiempo total de ejecución como el lapso de tiempo de generación del amortiguador.

## **(ii) Transferir**

La transferencia del riesgo busca trasladar las consecuencias de un riesgo a un tercero, conjuntamente con la responsabilidad de la respuesta. Transferir el riesgo simplemente le otorga a la otra parte la responsabilidad de su gestión, no lo elimina.

La transferencia del riesgo, si bien es un modo práctico de gestionar los riesgos, tiene sus aspectos negativos en la industria de la construcción. Por ejemplo, una manera de transferir riesgos es por medio de subcontratos de ciertas partidas altamente especializadas a capataces o maestros de obra especialistas en dicha actividad. El subcontratista se lleva buena parte de las ganancias por la eficiencia de su trabajo, las cuales son dejadas de percibir por el contratista general que le delega alguna función. Además el subcontratista siempre busca su propia eficiencia y no busca la eficiencia de la obra en conjunto. Por ejemplo en los proyectos de construcción de viviendas de la actualidad la partida de encofrados suele ser subcontratada. Los carpinteros encofradores buscan velocidad y productividad a costa de la calidad de su trabajo y del trabajo de los demás subcontratistas especializados. Muchas veces durante la

ejecución del proyecto los carpinteros encofradores dañaron instalaciones y tuberías debido a incrementar la velocidad de colocación del encofrado metálico de columnas y placas. Si bien es cierto que el subcontratista de instalaciones es el que asume el costo por dichas reparaciones, el tiempo de ejecución total del proyecto se alarga debido al retraso originado.

### **(iii) Mitigar**

La mitigación busca reducir la probabilidad y/o consecuencias de sucesos adversos de riesgo a un límite aceptable. Tomar decisiones tempranas para reducir la probabilidad de ocurrencia de un riesgo o su impacto en el proyecto es más efectivo que tratar de reparar las consecuencias después de que ha ocurrido. Los costos de mitigación deberían ser adecuados a la presunta probabilidad de riesgo y sus consecuencias.

La mitigación es la manera más común de enfrentar los riesgos. Por ejemplo durante la etapa de selección de proveedores de concreto premezclado, el equipo de proyecto envió las cotizaciones de varias empresas suministradoras a la dirección de la empresa con la recomendación de dos de ellas, debido a su alta confiabilidad en el proceso de suministro, a la calidad en el insumo suministrado, pero esencialmente debido a la puntualidad y eficiencia de su servicio durante el proceso de vaciado de concreto. A pesar que existían otras empresas suministradoras de concreto con precios menores hasta por un 5%, el riesgo que se corre al subcontratar un proveedor de concreto premezclado no confiable es mucho mayor, y según experiencias anteriores de la misma empresa, los costos adicionales por pagos de horas extras a los trabajadores de la cuadrilla de vaciados por las tardanzas de los mixer o la bomba de concreto, los resanes excesivos por la existencia de cangrejas y otros defectos superficiales en los elementos estructurales, llegan a superar ese 5% de ventaja en precio entre un proveedor confiable y otro no confiable.

La mitigación del riesgo también puede tomar la forma de una implementación de un nuevo curso de acción que reducirá el problema, por ejemplo para evitar los costos adicionales por accidentes en la construcción, se puso en marcha todo un seguimiento y control permanente y constante de la seguridad desplegada en obra a cargo de uno de los integrantes del equipo del proyecto, el cual confirmaba la implementación de buenas prácticas en el aseguramiento de la salud ocupacional de los trabajadores de la construcción. Ocurre que en muchas empresas, se compran todos los implementos de seguridad necesarios (cascos, botas, arneses, líneas de vida, guantes, lentes, andamios, sogas, etc) sin embargo debido a la indisposición del trabajador por preferir trabajar sin sus respectivos implementos de seguridad, la falta de control y supervisión por parte de la administración de la obra y también por la ausencia un reglamento interno de sanciones por incumplimiento de normas de seguridad, ocurren muchos accidentes en la construcción, los mismos que se pueden evitar con facilidad sin necesidad de invertir mucho dinero ni elevar en exceso el costo del proyecto. La forma de mitigación consiste en indicar claramente en los subcontratos de obra las sanciones económicas a las empresas subcontratistas en caso de que alguno de sus trabajadores incumpla con el reglamento interno de seguridad en la construcción de la empresa, basado en las siguientes normas peruanas:

- Norma Técnica de Edificación E-120 "Seguridad durante la Construcción", promulgada mediante Resolución Ministerial N° 427-2001-MTC / 15.04.
- Normas Técnicas Básicas de Higiene y Seguridad en Obras de Edificación promulgada mediante Resolución Suprema N° 021-83-TR.
- Título VII del Reglamento Nacional de Construcciones en lo que sea pertinente a la seguridad industrial y salud ocupacional.
- Normas Técnicas del Seguro Complementario de Trabajo de Riesgo promulgada mediante Decreto Supremo N° 003-98-

SA.

- Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras aprobado por Resolución Ministerial N° 210-2000-MTC 15.02.
- NTP 851.001 2004: SISTEMAS DE GESTION DE LA SALUD Y SEGURIDAD OCUPACIONAL. Especificaciones.

Todas estas normas han sido adaptadas y simplificadas para una fácil lectura de los subcontratistas y sus trabajadores y constituyen un manual de la empresa para asegurar la vida y la salud ocupacional dentro de sus proyectos. El incumplimiento de dicho reglamento interno de seguridad conlleva al pago de multas por parte de los contratistas por poner en riesgo la salud de sus trabajadores y la viabilidad económica del proyecto entero debido a los problemas judiciales y de índole laboral que puede ocasionar un accidente durante la ejecución del proyecto.

#### **(iv) Aceptar**

Esta técnica indica que el equipo del proyecto ha decidido no cambiar el plan del proyecto para tratar el riesgo o es incapaz de identificar cualquier otra estrategia de respuesta adecuada. La aceptación activa puede incluir el desarrollo de un plan de contingencia, para ser ejecutado si el riesgo ocurre. La aceptación pasiva no requiere acción alguna, dejando en mano del equipo del proyecto la gestión del riesgo en caso que este ocurra.

La respuesta de aceptación a un riesgo más utilizada es la de establecer una asignación de reserva o contingencia, incluyendo dinero y recursos para responder a los riesgos conocidos que no se puedan evitar, mitigar o transferir.

En el proyecto de construcción de "Malecón Balta", debido a la gran altura del edificio, uno de los grandes inconvenientes a enfrentar fue el de transporte interno de materiales. Debido a las características

constructivas del edificio (constituido por cuatro sótanos y veinte pisos, con un sistema estructural mixto conformado por columnas, placas y losas aligeradas) existían gran cantidad de materiales a transportar tales como: ladrillo de techo, bolsas de cemento, arena fina y gruesa, varillas de acero de construcción, cilindros de agua, ladrillos sílico calcáreos para la tabiquería, andamios, encofrados metálicos, etc.

Asignar una cuadrilla de trabajo encargada de transportar el material hasta dentro del elevador de la obra. Dicha cuadrilla de trabajo no es una cuadrilla permanente sino que dependiendo del peso y magnitud del material a transportar, estaría conformada por tres, cuatro o cinco trabajadores. El elevador sube con el material hasta el piso requerido y ahí los responsables de retirar el material del elevador y colocarlo en un lugar adecuado dentro de la zona de trabajo era la cuadrilla encargada de procesar dicho material. Por lo tanto la respuesta de aceptación a este riesgo fue la de crear una partida denominada "Transporte Interno de Materiales" en la cual se cuantifique aproximadamente el costo por mano de obra en lo que se refiere a descarga de materiales, transporte hasta el interior del elevador y transporte interno de materiales, equipos y herramientas entre los pisos de la edificación.

La misma respuesta al riesgo se planificó para el proceso de limpieza de obra. Debido los procesos de desencofrado, vaciados de concreto, tarrajeo de cielo raso y tabiquería, resanes y solaqueo, etc se generaba gran cantidad de desperdicios en la obra que dificultan los trabajos y el normal desplazamiento de los obreros. También se creó una partida especial denominada "Limpieza de Obra" para cuantificar el gasto de mano de obra utilizada durante el proceso de evacuación y limpieza del desmonte generado en la construcción.

Diariamente se programan las actividades a cumplir en la jornada. Dicha orden de trabajo es entregaba por escrito al maestro de obra y a los capataces según sus especialidades. Dicha programación diaria

está basada en una programación semanal que debe estar lista desde la semana anterior. Si durante la ejecución de los trabajos diarios, alguna actividad no llega a cumplirse o si alguna actividad no fue tomada en cuenta por el programador por descuido o por desconocimiento del procedimiento constructivo, la programación diaria varía, haciendo variar la planificación del día siguiente y por consecuencia se realiza un replanteo de la programación semanal. Dichas correcciones deben ser documentadas como lecciones aprendidas indicando las causas de las mismas y sus consecuencias en la ejecución de los trabajos. Los días sábados se debe tener lista la programación de la semana siguiente, tomando en cuenta las replanificaciones ocurridas durante la semana y actualizando la planificación mensual.

El control del presupuesto y los recursos asignados a cada partida según el avance real del proyecto son supervisados y controlados a través de la curva de valor ganado. Es recomendable que dicha supervisión se realice periódicamente con la finalidad de tener controlado el proyecto e identificar a tiempo los posibles sobrecostos que pudieron haberse ocasionado para cada una de las partidas contables a lo largo de la semana. La mayoría de empresas constructoras en el país no asignan un responsable para la ejecución de este importante proceso debido a que no conocen la importancia de utilizar esta herramienta. Las empresas que utilizan la Curva de Valor Ganado para controlar sus costos a lo largo de la obra, muchas veces sólo realizan sus cortes y acumulación de gastos mensualmente lo que genera pérdidas a lo largo de todo el mes, las mismas que sólo pueden identificarse cuando ya se ha acumulado un sobrecosto importante y difícil de recuperar. Realizar el Análisis de Valor Ganado semanalmente es una práctica saludable que nos permite tener una visión clara del desempeño del proyecto a lo largo de semana (en especial en cuanto a productividad y eficiencia de la mano de obra) y si en todo caso identificamos sobrecostos en una o varias partidas que podrían poner en peligro la rentabilidad del proyecto, nos permite tomar las medidas adecuadas de corrección para la semana siguiente.

El control de la calidad de los procedimientos constructivos se convierte en un factor fundamental a ser desarrollado por la administración de la obra, tomando en cuenta que las partidas más importantes han sido subcontratadas (colocación y habilitación de acero de construcción, encofrados metálicos, instalaciones sanitarias, instalaciones eléctricas, instalaciones contraincendio, colocación de muros de tabiquería, pinturas, etc). La organización ha desarrollado una serie de formatos y plantillas de control de calidad para cada uno de los procedimientos constructivos que suelen subcontratarse a empresas especializadas para la construcción de edificaciones. La administración de la obra debe tener especial cuidado en designar responsables para el control de calidad de los procedimientos constructivos más importantes del proyecto como por ejemplo: colocación de encofrados, colocación y habilitado de armaduras de acero, vaciado de concreto, construcción de muros de albañilería y tabiquería en general, etc.

Si bien el proceso de subcontratar a empresas especializadas para la ejecución de ciertos procesos constructivos es una práctica que nos permite obtener una alta productividad de la mano de obra y un control mucho más eficiente, trae como consecuencia la necesidad de supervisar al detalle los trabajos realizados con la finalidad de asegurar la calidad de la construcción y la seguridad de los trabajadores de las empresas subcontratistas. Mientras más empresas subcontratistas participen de la ejecución de la obra, el esfuerzo de control de calidad de los procedimientos constructivos debe ser mayor y por tanto deben existir más responsables para su supervisión, en este caso, el control de calidad es encargado a ingenieros junior (egresados recientes de la carrera de ingeniería civil) quienes asumen esta responsabilidad, para lo cual, debido a su inexperiencia, tienen un procedimiento escrito y un formato especial para desempeñar esta función dependiendo del procedimiento constructivo al que realicen la supervisión.

## 4.2) Definición de las características de la simulación

### (1) La Simulación de Monte Carlo

Bajo el nombre de "Método de Monte Carlo" o "Simulación Monte Carlo" se agrupan una serie de procedimientos que analizan distribuciones probabilísticas usando simulación de números aleatorios.

El Método de Monte Carlo da solución a una gran variedad de problemas matemáticos haciendo experimentos con muestreos estadísticos en una computadora. El método es aplicable a cualquier tipo de problema, ya sea estocástico o determinístico. A diferencia de los métodos numéricos que se basan en evaluaciones en  $N$  puntos en un espacio  $M$ -dimensional para producir una solución aproximada, el método de Monte Carlo tiene un error absoluto en la estimación que decrece en  $1/\sqrt{N}$  (por teorema de límite central), mientras que otros métodos, a falta de una buena estructura, tienen errores que decrecen a lo más en  $1/N$ .

El método fue llamado así por el principado de Mónaco por ser "la capital del juego de azar", **al tomar una ruleta como un generador simple de números aleatorios**. El nombre y el desarrollo sistemático de los métodos de Monte Carlo datan aproximadamente de 1944 con el desarrollo de la computadora electrónica. Sin embargo hay varias instancias (aisladas y no desarrolladas) en muchas ocasiones anteriores a 1944.

El uso real de los métodos de Monte Carlo como una herramienta de investigación, viene del trabajo de la bomba atómica durante la Segunda Guerra Mundial. Este trabajo involucraba la simulación directa de problemas probabilísticos de hidrodinámica concernientes a la difusión de neutrones aleatorios en material de fusión. Aún en la primera etapa de estas investigaciones, John von Neumann y Stanislaw Ulam refinaron esta curiosa "Ruleta rusa" y los métodos "de división". Sin embargo, el desarrollo sistemático de estas ideas tuvo que esperar



el trabajo de Harris y Herman Kahn en 1948. Aproximadamente en el mismo año, Fermi, Metropoulos y Ulam obtuvieron estimadores para los valores característicos de la ecuación de Schrödinger para la captura de neutrones a nivel nuclear.

La simulación de Monte Carlo también es utilizada para resolver integrales que no se pueden resolver por métodos analíticos, para resolver estas integrales se usan números aleatorios. Posteriormente se utilizó para cualquier esquema que emplee números aleatorios, usando variables aleatorias con distribuciones de probabilidad conocidas, el cual es usado para resolver ciertos problemas estocásticos y determinísticos, donde el tiempo juega un papel importante.

Por lo tanto el Método de Monte Carlo es un proceso computacional que utiliza números aleatorios para derivar una salida, por lo que en vez de tener entradas con puntos dados, se asignan distribuciones de probabilidad a alguna o todas las variables de entrada. Esto generará una distribución de probabilidad para una salida después de una corrida de la simulación.

Por lo tanto las entradas de una simulación de Monte Carlo están conformadas por una serie de distribuciones de probabilidad de una o varias partes del sistema en estudio que al ser interrelacionadas por medio de la generación de números aleatorios dan como resultado una distribución de probabilidad de salida que viene a ser el resultado de la ejecución de la simulación del sistema entero.

## **(2) Estructuración de la programación de la ruta crítica del proyecto de construcción**

La programación de actividades de la ruta crítica del proyecto de construcción de Malecón Balta se presenta a continuación indicando solamente las actividades que pertenecen a la ruta crítica del proyecto. Como se puede visualizar en la presente programación sólo se

presenta la cadena de actividades de los acabados de obras para el último piso del edificio tomando en cuenta que el fin del proyecto se produce cuando el último departamento se encuentra listo con todos sus acabados totalmente terminados. Existen actividades paralelas a esta programación como por ejemplo: los vaciados de concreto de la cisterna, instalación del ascensor, acabados del tanque elevado del edificio, cableado eléctrico, instalación del sistema de comunicaciones, etc. Sin embargo estas actividades tienen holguras de tiempo que nos permiten ejecutarlas con la suficiente anticipación con la finalidad de no retrasar la cadena de actividades de trabajo del proyecto (ruta crítica).

Esta programación de la ruta crítica nos servirá para realizar la simulación de Monte Carlo, generando curvas de probabilidad para cada una de las actividades mostradas.

### **(3) Modelamiento de las curvas de probabilidad de cada uno de los procesos constructivos del proyecto de aplicación.**

El punto de partida para simular cualquier sistema es definir con claridad el problema en cuestión: qué tipo de propiedades nos interesa estudiar y predecir, dentro de qué rango de parámetros realizaremos dicha predicción, con qué precisión. En función de todas estas consideraciones debemos decidir las características de las funciones de probabilidad a usar.

Un modelo matemático se define como una descripción, desde el punto de vista de las matemáticas, de un hecho o fenómeno del mundo real, desde el tamaño de una población, incluyendo fenómenos físicos como la velocidad, aceleración o densidad hasta tratarse de determinar el costo y el tiempo de ejecución de un proyecto. El objetivo del modelo matemático es entender ampliamente el fenómeno y predecir su comportamiento en el futuro. Como se había mencionado en una sección anterior del presente trabajo, una buena gestión de un proyecto debe caracterizarse por tener una actitud proactiva frente a los distintos riesgos que puedan darse en el futuro.

El proceso para elaborar un modelo matemático es el siguiente:

- Encontrar un problema del mundo real. En este caso el problema consiste en determinar el futuro desempeño del proyecto de construcción del edificio "Malecón Balta" en cuanto a costo y tiempo de ejecución.
- Formular un modelo matemático acerca del problema, identificando variables (dependientes e independientes) y estableciendo hipótesis lo suficientemente simples para tratarse de manera matemática. Las variables independientes son los valores de impacto y de probabilidad de ocurrencia de los eventos de riesgo, que nos permitirán tener el criterio adecuado para ajustar las curvas de

distribución respectivas. Las variables dependientes son esas curvas de distribución de las actividades o partidas del proyecto que no son fáciles de predecir y a las cuales se les ha diseñado una curva de distribución de su posible costo y tiempo de ejecución.

- Aplicar los conocimientos matemáticos que se posee para llegar a conclusiones matemáticas. Esto se realiza mediante la ejecución de la simulación del tiempo y del costo del proyecto a partir de la generación de los números aleatorios.
- Comparar los datos obtenidos como predicciones con datos reales. Este fue un proceso que no se llegó a realizar ya que los valores que resultaron de la simulación fueron coherentes con los valores obtenidos al final del proyecto.

Es importante mencionar que un modelo matemático no es completamente exacto con problemas de la vida real, de hecho, se trata de una idealización de la realidad.

Hay una gran cantidad de funciones que representan relaciones observadas en el mundo real. Para este caso se ha optado por utilizar FUNCIONES TIPO BETA para la mayoría de las entradas de la simulación debido a las características probabilísticas de ocurrencia de los costos y tiempo de ejecución de las actividades dentro del proyecto de construcción.

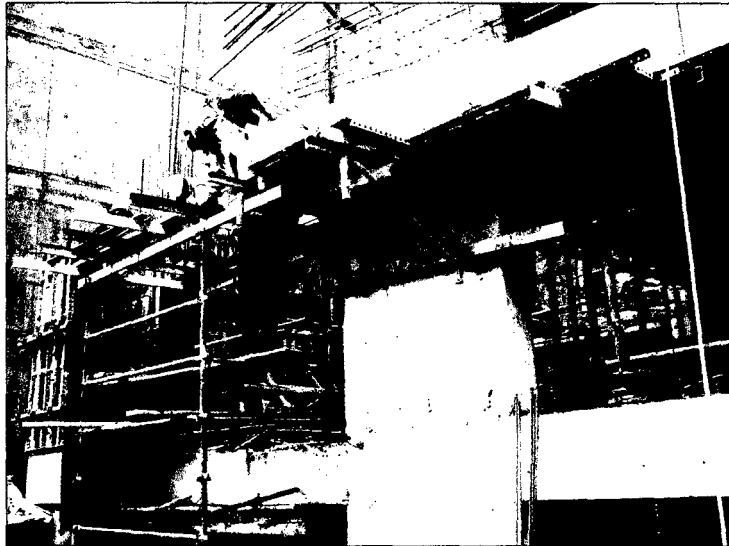
Una simulación es la experimentación con un modelo matemático teórico diseñado según una hipótesis de trabajo.

El modelo teórico debe contener los elementos que se precisen para la simulación. Un ejemplo con trabajo de laboratorio es un programa de estadística con ordenador que genere números aleatorios como el que se ha realizado en el presente trabajo de investigación.

#### **(a) Modelo probabilístico del costo directo de una de las partidas**

## del presupuesto del proyecto de construcción

Cada una de las partidas del presupuesto del proyecto de construcción del edificio multifamiliar "Malecón Balta" fue analizada tomando en cuenta las características de su realización, es decir si es una partida que será íntegramente subcontratada, si es una partida cuyo subcontrato sólo incluirá el servicio de ejecución de mano de obra o si es una partida cuya ejecución estará a cargo de los trabajadores de la empresa constructora principal.



**Foto 4.4. Encofrado de una de las áreas de vaciado de la losa del cuarto nivel del edificio "Malecón Balta".**

De los tres tipos de partida anteriores, el riesgo de incremento del costo directo de cualquiera de las partidas aumenta si es que la partida se encuentra a cargo del contratista principal ya que usualmente los contratos a todo costo y los contratos de mano de obra según especialidad se realizan a través de la modalidad de precios unitarios donde existe un costo fijo por ejecución de metrado. Sin embargo el costo de las partidas cuya ejecución está a cargo de la empresa constructora principal están determinadas principalmente por la eficiencia y productividad de su mano de obra, la calidad en la ejecución del trabajo de la misma y la optimización

en el uso de insumos y materiales (que son adquiridos por la empresa constructora). Por ende un trabajo de mala calidad, accidentes en obra, falta de cuidado de los insumos y materiales de construcción, baja productividad o ineficiencia en la ejecución de los trabajos, huelgas de trabajadores, etc, incrementan de manera importante el costo de cada una de las partidas.

Las partidas más importantes del proyecto "Malecón Balta" y su respectiva clasificación según la probabilidad existente a sufrir una variación de costo importante (a las cuales se le realiza la simulación de Monte Carlo) se resumen en la tabla siguiente:

Nombre de la partida	Subcontrato de Mano de Obra	Subcontrato a todo costo	Partida de A/G	Especialidad	Simulacion
OBRAS PROVISIONALES		x		Estructuras	-
OBRAS PRELIMINARES		x		Estructuras	-
MOVIMIENTO DE TIERRAS		x		Estructuras	Monte Carlo
MUROS PANTALLA		x		Estructuras	Monte Carlo
INSTALACIONES ELECTRICAS		x		Instalaciones	-
INSTALACIONES ELECTROMECAICAS		x		Instalaciones	-
ENCOFRADOS		x		Estructuras	Monte Carlo
INSTALACIONES SANITARIAS		x		Instalaciones	-
INSTALACIONES CONTRAINCENDIO		x		Instalaciones	-
CONCRETO			x	Estructuras	Monte Carlo
ACERO DE CONSTRUCCION	x			Estructuras	Monte Carlo
TRANSPORTE INTERNO DE MATERIALES			x	Estructuras	Monte Carlo
LIMPIEZA DE OBRA			x	Estructuras	Monte Carlo
MUROS DE TABIQUERIA		x		Arquitectura	Monte Carlo
RESANE DE SUPERFICIES DE CONCRETO			x	Arquitectura	Monte Carlo
TARRAJEO DE CIELO RASO E INTERIORES			x	Arquitectura	Monte Carlo
CONTRAPISO			x	Arquitectura	Monte Carlo
PISOS Y PAVIMENTOS				Arquitectura	-
ZOCALOS				Arquitectura	-
EMPASTE Y PINTURA DE MUROS		x		Arquitectura	-
TARRAJEO EN EXTERIORES			x	Arquitectura	Monte Carlo
APARATOS Y ACCESORIOS SANITARIOS	x			Arquitectura	-
VIDRIOS CRISTALES Y SIMILARES	x			Arquitectura	-
PARQUET	x			Arquitectura	Monte Carlo
CARPINTERIA DE MADERA		x		Arquitectura	-
CERRAJERIA		x		Arquitectura	-
CARPINTERIA METALICA		x		Arquitectura	-
COBERTURAS			x	Arquitectura	-

**Tabla 4.4. Características de las principales partidas del proyecto de construcción "Malecón Balta"**

Como se puede visualizar en la tabla anterior, de las principales partidas integrantes del presupuesto del proyecto de construcción del edificio multifamiliar "Malecón Balta" a las siguientes trece

partidas se les realizará el análisis de Monte Carlo:

- Acero de construcción
- Concreto
- Encofrados
- Contrapiso
- Excavaciones
- Limpieza de obra
- Muros de tabiquería
- Muros pantalla
- Parquet
- Resane y solaqueo
- Tarrajeo de cielo raso e interiores
- Tarrajeo en exteriores
- Transporte interno de materiales

Elegiremos la partida Concreto, como ejemplo para el diseño del modelo probabilístico del costo directo de una de las partidas a simular con el método de Monte Carlo. Dicho modelo consiste en una curva de distribución discreta que describe la función de probabilidad de ocurrencia del costo directo de cada partida.

Este análisis cuantitativo de los riesgos se utiliza para estimar las posibles variaciones que puede tener el costo directo del proyecto. Para calcular estas variaciones se hace necesario asignar funciones de probabilidad al costo directo de cada una de las partidas que pueden introducir más variabilidad al costo final del proyecto. Estos costos probabilísticos, representados por curvas de distribución, sirven para generar múltiples simulaciones, que nos permiten determinar la probabilidad de terminar el proyecto en un rango de costos. Este método se denomina Método de Simulación de Monte Carlo.

El proceso de diseño de la simulación nace con la identificación de

los riesgos por parte del equipo del proyecto, los cuales dependiendo de cada partida, deben ser clasificados por su importancia.

La importancia de un riesgo está determinada por dos de sus elementos: el impacto del riesgo y su probabilidad de ocurrencia. Intuitivamente, los riesgos más importantes son aquellos cuyo impacto es alto y cuya probabilidad de ocurrencia también es alta.

Expresión verbal	Valores de Impacto
Impacto que afecta poco	0,01
Impacto apreciable	0,05
Impacto importante	0,10
Impacto inaceptable	0,20
Impacto fatal	0,50

**Tabla 4.5. Determinación del Impacto del Riesgo.**

**Tabla de cuantificación de expresiones verbales  
recomendada por el PMI (revisar tabla 3.3)**

**FUENTE: PMBOK Guide (Edición 2000)**

Los riesgos tienen una clasificación dentro de un proyecto, dependiendo de tratarse de un riesgo que puede generar un impacto negativo (amenaza) o un impacto positivo (oportunidad) dentro del proyecto. A continuación se muestra la tabla 4.5, donde se cuantifican los valores de impacto según su influencia en los objetivos del proyecto, contiene valores recomendados por el PMI en el documento "Guía a los Fundamentos de la Dirección de Proyectos" (PMBOK Guide, Edición 2000) cuyos valores también se muestran en la tabla 3.3 del presente trabajo de investigación, que se resumen en la tabla 4.5 y con los cuales se ha realizado el diseño del modelo matemático de simulación de costos y tiempo del proyecto de construcción del edificio multifamiliar "Malecón Balta". Estos valores, como ya se ha dicho, se basan en los valores recomendados y publicados por el Instituto de Dirección de



Proyectos (PMI) en la "Guía a los Fundamentos de la Dirección de Proyectos" para la cuantificación de los impactos positivos e impactos negativos de los riesgos y mostrados en la tabla 3.3 del presente trabajo (Capítulo III: La Gestión de Riesgos del Proyecto).

Por lo tanto, para evaluar la posible variación del costo directo final de nuestro proyecto de construcción en estudio, deberemos obtener dos valores de impacto de cada riesgo, dependiendo si se trata de una amenaza (donde se incrementa el costo de cada partida) así como si se trata de una oportunidad (donde el costo de cada partida disminuye).

Los valores de impacto en el costo directo de cada partida pueden ser determinados a través de la siguiente tabla donde se pueden convertir expresiones verbales en valores cuantificables de impacto (tanto para las oportunidades como para las amenazas):

El impacto beneficioso (oportunidad) en el costo directo de cada una de las partidas elegidas para realizar el ejercicio de simulación se resume en el cuadro siguiente:

IMPACTO POSITIVO EN EL COSTO		ESTRUCTURA DE DESCOMPOSICION DEL RIESGO RISK BREAKDOWN STRUCTURE (RBS)				IMPACTO OPTIMISTA
ESTRUCTURA DE DESCOMPOSICION DEL TRABAJO WORK BREAKDOWN STRUCTURE (WBS)	PARTIDAS	SUBCONTRATO (OPORTUNIDAD CONTRACTUAL)	DISMINUCION DEL PRECIO DE INSUMOS	ALTA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA	MEJORAMIENTO DE PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS	
	ENCOFRADOS	0,01	0	0	0,01	0,02
	ACERO DE CONSTRUCCION	0,01	0	0	0	0,01
	CONCRETO	0	0	0,02	0,1	0,12
	CONTRAPISO	0	0,03	0,1	0,02	0,15
	MOVIMIENTO DE TIERRAS	0	0	0	0	0,00
	LIMPIEZA DE OBRA	0	0	0,3	0,1	0,40
	MUROS DE TABIQUERIA	0,03	0	0	0	0,03
	MUROS PANTALLA	0	0	0	0	0,00
	PARQUET	0,05	0,1	0	0,1	0,25
	RESANE DE SUPERFICIES DE CONCRETO	0	0,02	0,1	0,03	0,15
	TRASPORTE DE MATERIALES	0	0	0,1	0,05	0,15
	TARRAJEO EN EXTERIORES	0	0	0,1	0,1	0,20
	TARRAJEO DE CIELO RASO E INTERIORES	0	0	0,01	0,01	0,02

**Tabla 4.6. Impacto positivo en el costo directo del proyecto "Malecón Balta". Valores recomendados por el Instituto de Dirección de Proyectos (PMI) y extraídos de la tabla 4.5**

El impacto negativo (amenaza), que representa un incremento en el costo directo de cada una de las partidas elegidas para realizar el ejercicio de simulación se resume en el cuadro siguiente:

IMPACTO NEGATIVO EN EL COSTO		ESTRUCTURA DE DESCOMPOSICION DEL RIESGO RISK BREAKDOWN STRUCTURE (RBS)							IMPACTO PESIMISTA
ESTRUCTURA DE DESCOMPOSICION DEL TRABAJO WORK BREAKDOWN STRUCTURE (WBS)	PARTIDAS	SUBCONTRATO (PROBLEMA CONTRACTUAL)	INCREMENTO DEL PRECIO DE INSUMOS	CONFIABILIDAD DEL PROVEEDOR (FALLA)	SEGURIDAD EN LA CONSTRUCCION (ACCIDENTE)	SINDICATO (HUELGA)	BAJA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA Y/O EQUIPO	FALLA EN LA CALIDAD de PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS	
	ENCOFRADOS	0.1	0.01	0.01	0.05	0.01	0.05	0.1	<b>0.33</b>
	ACERO DE CONSTRUCCION	0.1	0.05	0.01	0.05	0.01	0	0.1	<b>0.32</b>
	CONCRETO	0.01	0	0.02	0.05	0.01	0.1	0.05	<b>0.24</b>
	CONTRAPISO	0	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05	<b>0.10</b>
	MOVIMIENTO DE TIERRAS	0.05	0	0.1	0.05	0.01	0	0.1	<b>0.31</b>
	LIMPIEZA DE OBRA	0	0	0	0.05	0.01	0.01	0.01	<b>0.08</b>
	MUROS DE TABIQUERIA	0.1	0	0.1	0.02	0.01	0	0.05	<b>0.28</b>
	MUROS PANTALLA	0.2	0	0.1	0.05	0	0.05	0.3	<b>0.70</b>
	PARQUET	0.05	0.01	0.1	0.01	0	0.1	0.1	<b>0.37</b>
	RESANE DE SUPERFICIES DE CONCRETO	0	0.02	0.03	0.02	0.05	0.05	0.05	<b>0.22</b>
	TRANSPORTE INTERNO DE MATERIALES	0	0	0	0.03	0.02	0.1	0.05	<b>0.20</b>
	TARRAJEO DE CIELO RASO E INTERIORES	0	0.01	0.01	0.02	0.01	0.05	0.05	<b>0.15</b>
	TARRAJEO EN EXTERIORES	0	0.01	0	0.1	0.05	0.1	0.1	<b>0.36</b>

**Tabla 4.7. Impacto negativo en el costo directo del proyecto "Malecón Balta". Valores recomendados por el Instituto de Dirección de Proyectos (PMI) y extraídos de la tabla 4.5**

Para cada uno de los riesgos dependiendo de las partidas elegidas para realizar la simulación se debe establecer la probabilidad de ocurrencia, dependiendo si se trata de una amenaza o de una oportunidad, así como se ha realizado el análisis para el impacto de cada riesgo.

Expresión verbal	Probabilidad
SEGURO	100%
MUY ALTA	90%
ALTA	80%
PROBABLE	70%
MAS QUE EL PROMEDIO	60%
MITAD Y MITAD	50%
POCO PROBABLE	40%
MUY POCO PROBABLE	30%
NO SE CREE	20%
IMPROBABLE	10%
IMPOSIBLE	0%

**Tabla 4.8. Cuantificación de la probabilidad de ocurrencia de un riesgo. FUENTE: "Gerencia de Riesgos", Ing. Félix Valdez (2004).**

Basado en la tabla 3.3 de la presente tesis, publicada por el PMI en su estándar PMBOK Guide Edición 2000, el autor de la presente tesis ha diseñado una tabla en la cual se pueden convertir expresiones verbales en valores cuantificables para determinar un valor numérico de la probabilidad de ocurrencia de un riesgo (Tabla 4.3). Estos valores son propuestos por el autor del presente trabajo de investigación y han sido utilizados para diseñar el modelo matemático que, como veremos más adelante, ha dado valores muy precisos para predecir el futuro desempeño del proyecto de construcción en cuanto a costos y tiempo de ejecución.

La probabilidad de ocurrencia de los riesgos según cada partida se resume en las dos tablas siguientes:

PROBABILIDAD EN EL COSTO (OPORTUNIDAD)		ESTRUCTURA DE DESCOMPOSICION DEL RIESGO RISK BREAKDOWN STRUCTURE (RBS)			
ESTRUCTURA DE DESCOMPOSICION DEL TRABAJO WORK BREAKDOWN STRUCTURE (WBS)	PARTIDAS	SUBCONTRATO (OPORTUNIDAD CONTRACTUAL)	DISMINUCION DEL PRECIO DE INSUMOS	ALTA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA Y/O EQUIPO	MEJORAMIENTO DE PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS
	ENCOFRADOS	0,3	0	0	0,2
	ACERO DE CONSTRUCCION	0,3	0	0	0,4
	CONCRETO	0,3	0	0	0,6
	CONTRAPISO	0	0,2	0,3	0,2
	MOVIMIENTO DE TIERRAS	0	0	0	0
	LIMPIEZA DE OBRA	0	0,3	0,3	0,1
	MUROS DE TABIQUERIA	0,4	0	0,1	0,3
	MUROS PANTALLA	0	0	0	0
	PARQUET	0,3	0,3	0,2	0,5
	RESANE DE SUPERFICIES DE CONCRETO	0	0,1	0,5	0,3
	TRASPORTE DE MATERIALES	0	0	0,5	0,5
	TARRAJEO EN EXTERIORES	0	0,1	0,1	0,2
	TARRAJEO DE CIELO RASO E INTERIORES	0	0,1	0,3	0,2

**Tabla 4.9. Probabilidad de ocurrencia de las oportunidades en el costo directo de las partidas del proyecto "Malecón Balta". Valores extraídos de la tabla 4.8 recomendada por el Ing. Félix Valdez, en "Gerencia de Riesgos" (2004).**

PROBABILIDAD EN EL COSTO (AMENAZA)		ESTRUCTURA DE DESCOMPOSICION DEL RIESGO RISK BREAKDOWN STRUCTURE (RBS)						
ESTRUCTURA DE DESCOMPOSICION DEL TRABAJO WORK BREAKDOWN STRUCTURE (WBS)	PARTIDAS	SUBCONTRATO (PROBLEMA CONTRACTUAL)	INCREMENTO DEL PRECIO DE INSUMOS	CONFIABILIDAD DEL PROVEEDOR (FALLA)	SEGURIDAD EN LA CONSTRUCCION (ACCIDENTE)	SINDICATO (HUELGA)	BAJA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA Y/O EQUIPO	FALLA EN LA CALIDAD PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS
	ENCOFRADOS	0.5	0.1	0.1	0.3	0.4	0.2	0.4
	ACERO DE CONSTRUCCION	0.1	0.7	0.2	0.4	0.4	0.1	0.2
	CONCRETO	0.8	0	0.8	0.6	0.8	0.8	0.8
	CONTRAPISO	0	0.4	0.1	0	0.4	0.3	0.2
	MOVIMIENTO DE TIERRAS	0.6	0.3	0.3	0.4	0.4	0.2	0.4
	LIMPIEZA DE OBRA	0	0.3	0.3	0.1	0.4	0.3	0.1
	MUROS DE TABIQUERIA	0.4	0.5	0.6	0.3	0.4	0.1	0.3
	MUROS PANTALLA	0.5	0.4	0	0.4	0.4	0.4	0.4
	PARQUET	0.6	0.3	0.3	0	0.4	0.2	0.5
	RESANE DE SUPERFICIES DE CONCRETO	0	0.4	0.3	0.4	0.4	0.7	0.8
	TRANSPORTE INTERNO DE MATERIALES	0	0	0	0.2	0.4	0.8	0.7
	TARRAJEO DE CIELO RASO E INTERIORES	0	0.3	0.1	0.2	0.4	0.1	0.3
	TARRAJEO EN EXTERIORES	0	0.4	0.1	0.5	0.4	0.1	0.4

**Tabla 4.10. Probabilidad de ocurrencia de las amenazas en el costo directo de las partidas del proyecto "Malecón Balta". Valores extraídos de la tabla 4.8 recomendada por el Ing. Félix Valdez, en "Gerencia de Riesgos" (2004).**

Al tener los impactos y las probabilidades de ocurrencia de los riesgos para cada una de las partidas del proyecto, se procede a realizar la multiplicación del impacto por dichas probabilidades para determinar la importancia de los riesgos y finalmente la sumatoria de dichas importancias nos dará como resultado qué tan riesgosa

es cada partida del proyecto:

$$\text{Riesgo} = \text{Impacto} \times \text{Probabilidad}$$

A continuación se resume el análisis de riesgo cualitativo para cada una de las partidas del proyecto a las cuales se le realizará la simulación de Monte Carlo.

OPORTUNIDAD EN EL COSTO DIRECTO DEL PROYECTO		ESTRUCTURA DE DESCOMPOSICION DEL RIESGO RISK BREAKDOWN STRUCTURE (RBS)				OPORTUNIDAD EN EL COSTO	NIVEL DE OPORTUNIDAD
PARTIDAS		SUBCONTRATO (OPORTUNIDAD CONTRACTUAL)	DISMINUCION DEL PRECIO DE INSUMOS	ALTA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA Y/O EQUIPO	MEJORAMIENTO de PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS		
ESTRUCTURA DE DESCOMPOSICION DEL TRABAJO WORK BREAKDOWN STRUCTURE (WBS)	ENCOFRADOS	0.003	0	0	0.002	0.005	BAJA
	ACERO DE CONSTRUCCION	0.003	0	0	0	0.003	BAJA
	CONCRETO	0	0	0	0.12	0.120	ALTA
	CONTRAPISO	0	0.006	0.03	0.004	0.040	MEDIA
	MOVIMIENTO DE TIERRAS	0	0	0	0	0.000	BAJA
	LIMPIEZA DE OBRA	0	0	0.09	0.01	0.100	ALTA
	MUROS DE TABIQUERIA	0.012	0	0	0	0.012	BAJA
	MUROS PANTALLA	0	0	0	0	0.000	BAJA
	PARQUET	0.015	0.03	0	0.05	0.095	ALTA
	RESANE DE SUPERFICIES DE CONCRETO	0	0.002	0.05	0.009	0.061	ALTA
	TRASPORTE DE MATERIALES	0	0	0.05	0.025	0.075	ALTA
	TARRAJEO EN EXTERIORES	0	0	0.01	0.02	0.030	MEDIA
	TARRAJEO DE CIELO RASO E INTERIORES	0	0	0.003	0.002	0.005	BAJA

**Tabla 4.11. Análisis cualitativo de las oportunidades en el costo del proyecto "Malecón Balta". Valores obtenidos de multiplicar los impactos de la tabla 4.6 y las probabilidades de ocurrencia de la tabla 4.9 (oportunidades del proyecto)**

AMENAZA EN EL COSTO DEL PROYECTO	ESTRUCTURA DE DESCOMPOSICION DEL RIESGO RISK BREAKDOWN STRUCTURE (RBS)							RIESGO EN COSTOS	NIVEL DE AMENAZA	
	PARTIDAS	SUBCONTRATO (PROBLEMA CONTRACTUAL)	INCREMENTO DEL PRECIO DE INSUMOS	CONFIABILIDAD DEL PROVEEDOR (FALLA)	SEGURIDAD EN LA CONSTRUCCION (ACCIDENTE)	SINDICATO (HUELGA)	BAJA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRERA			FALLA EN LA CALIDAD CONSTRUCTIVOS
ESTRUCTURA DE DESCOMPOSICION DEL TRABAJO WORK BREAKDOWN STRUCTURE (WBS)	ENCOFRADOS	0.050	0.001	0.001	0.015	0.004	0.010	0.040	0.121	ALTA
	ACERO DE CONSTRUCCION	0.010	0.035	0.002	0.020	0.004	0.000	0.020	0.091	ALTA
	CONCRETO	0.008	0.000	0.016	0.030	0.008	0.080	0.040	0.182	ALTA
	CONTRAPISO	0.000	0.004	0.001	0.000	0.004	0.003	0.010	0.022	MEDIA
	MOVIMIENTO DE TIERRAS	0.030	0.000	0.030	0.020	0.004	0.000	0.040	0.124	ALTA
	LIMPIEZA DE OBRA	0.000	0.000	0.000	0.005	0.004	0.003	0.001	0.013	BAJA
	MUROS DE TABIQUERIA	0.040	0.000	0.060	0.006	0.004	0.000	0.015	0.125	ALTA
	MUROS PANTALLA	0.100	0.000	0.000	0.020	0.000	0.020	0.120	0.260	ALTA
	PARQUET	0.030	0.003	0.030	0.000	0.000	0.020	0.050	0.133	ALTA
	RESANE DE SUPERFICIES DE CONCRETO	0.000	0.008	0.009	0.008	0.020	0.035	0.040	0.120	ALTA
	TRANSPORTE DE MATERIALES	0.000	0.000	0.000	0.006	0.008	0.080	0.035	0.129	ALTA
	TARRAJEO DE CIELO RASO E INTERIORES	0.000	0.003	0.001	0.004	0.004	0.005	0.015	0.032	MEDIA
	TARRAJEO EN EXTERIORES	0.000	0.004	0.000	0.050	0.020	0.010	0.040	0.124	ALTA

**Tabla 4.12. Análisis cualitativo de las amenazas en el costo del proyecto "Malecón Balta". Valores obtenidos de multiplicar los impactos de la tabla 4.7 y las probabilidades de ocurrencia de la tabla 4.10 (amenazas del proyecto)**

Del análisis de la tabla de oportunidades en el costo directo del proyecto (disminución del costo del proyecto) podemos concluir lo siguiente:

- La evaluación de la tabla anterior arroja que las partidas a las cuales se les debe mayor importancia durante su planificación, ejecución y control y a las que se les debe hacer un seguimiento más estricto con la finalidad de poder reducir costos operativos y poder maximizar los eventos positivos y favorables al mejoramiento de costos dentro de su ejecución son las siguientes: Limpieza de Obra, Parquet, Resane y Solaqueo de



superficies de concreto y Transporte interno de materiales. Todas estas actividades, según el análisis realizado tienen una oportunidad mayor a 0,050 para generar minimización de costos durante su ejecución. Esto es entendible tomando en cuenta que todas estas partidas serán ejecutadas por el personal de la empresa constructora AyG Edificaciones y que la empresa tiene una experiencia bastante favorable proveniente de anteriores proyectos de ir reduciendo sistemáticamente sus costos en las partidas antes mencionadas.

- Según la tabla 4.12 las partidas que requieren una planificación, ejecución, seguimiento y control intermedio, ya que su oportunidad de reducir costos es normal y si en caso ocurriese tendría un impacto intermedio dentro del presupuesto son: Contrapiso y Tarrajeo de Exteriores, que tienen una oportunidad en el costo que se encuentra en el rango comprendido entre 0,03 y 0,05. El hecho que estas partidas tengan una oportunidad media de reducción de costos es debido a que su ejecución es responsabilidad directa de los trabajadores de la empresa constructora AyG Edificaciones y de existir mejoras en los procesos constructivos, alta productividad de la mano de obra o reducción del precio de los insumos de estas partidas (arena fina, arena gruesa, cemento, etc) se podría reducir el costo.
- De acuerdo al análisis cualitativo de las oportunidades de la tabla 4.12 podemos concluir que la oportunidad de reducir costos en las partidas de Encofrados, Habilitación y Colocación de Acero de Construcción, Movimiento de Tierras, Muros de Tabiquería y Muros Pantalla es baja. Esto es entendible tomando en cuenta que TODAS ESTAS PARTIDAS SERAN SUBCONTRATADAS a empresas de construcción especialistas en realizar estas labores. Los subcontratos realizados definen los costos unitarios por metrado, tomando en cuenta que es muy poco probable que exista una variación importante en el metrado de cada partida ya que parte de la gestión de riesgos

consistió en mitigar el riesgo calculando el metrado de todas las partidas hasta en dos oportunidades por diferentes miembros del equipo del proyecto para evitar errores de cálculo, todo esto trae como consecuencia que los costos de estas partidas sean muy complicadas de reducir. Esto NO significa que los costos de estas partidas se encuentren controlados, ya que si bien es difícil reducir sus costos, las amenazas y los impactos nocivos que podrían incrementar sus costos son bastante altos debido a la amenaza latente de incumplimiento del subcontrato, lo que traerá consigo problemas legales y judiciales posteriores, retraso en la obra, incumplimiento del inicio del trabajo de los demás subcontratistas, etc. Todo esto se analizará a continuación cuando se evalúen las amenazas de cada partida en relación al costo.

Del análisis de la tabla de amenazas en el costo directo del proyecto (incremento del costo del proyecto) podemos concluir lo siguiente:

- La amenaza de incremento del costo en todas las partidas es mucho mayor comparado con la oportunidad de reducir costos, ya que debido a las características inherentes en la ejecución de obras de nuestro país existen muchas situaciones que pueden generar sobrecostos indeseables durante el proyecto. Las situaciones que hemos tomado en cuenta para modelar las causas de sobrecostos son: problema contractual, incremento del precio de insumos, falla del proveedor de materiales, accidente en obra, huelga de trabajadores, baja productividad de la mano de obra y falta de calidad durante la ejecución de los trabajos.
- Las partidas a las cuales se les debe dar mayor importancia durante su planificación, ejecución y control y a las que se les debe hacer un seguimiento más estricto con la finalidad de

evitar un incremento considerable en costos y poder minimizar los eventos negativos y desfavorables dentro de su ejecución son las siguientes: Concreto, Contrapiso, Movimiento de tierras, Limpieza de obra, Muros pantalla, Parquet, Resane y solaqueo de superficies de concreto, Transporte interno de materiales y Tarrajeo de exteriores. Todas estas actividades, según el análisis realizado, tienen una amenaza mayor a 0,08 de provocar un incremento del costo del proyecto por lo que deben ser objeto de un control más estricto que las demás. Por ejemplo la partida Concreto corre un gran riesgo de generar sobrecostos debido al futuro desempeño de UNICON nuestro proveedor de concreto premezclado. Si bien UNICON es una de las empresas de concreto premezclado más reconocidas y confiables de nuestro medio, tenemos que por la altura del edificio iba a ser necesario utilizar técnicas especiales y equipo de bombeo estacionario que iban a tener que ser instalados a diario antes del inicio del vaciado. Además las dificultades de nuestra obra, ubicada en una avenida altamente transitada que a lo largo del día sufre de un alto tráfico de vehículos iba a complicar la tarea de estacionamiento y maniobrabilidad de los mixer de UNICON. Esto sin tomar en cuenta la reglamentación de la Municipalidad de Miraflores que solo permite realizar labores de construcción hasta las 6 de la tarde, es decir no iba a ser posible realizar vaciados nocturnos. Todo esto iba a generar muchos inconvenientes a la hora de realizar las labores de vaciado del concreto premezclado. La amenaza del costo en las partidas de Movimiento de Tierras, Muros de Tabiquería, Muros Pantalla, Encofrados y Acero es debido a un incumplimiento del contrato por parte del proveedor de insumos o del subcontratista de mano de obra. Los futuros problemas legales, atraso de obra, un accidente grave de alguno de los trabajadores del subcontratista, retrasos en la ejecución de sus trabajos, problemas de calidad en el trabajo realizado en partidas tan delicadas y de tanto riesgo como las anteriores podrían generar sobrecostos insalvables para la empresa. Es por esto que si

bien los subcontratos nos permiten delegar responsabilidades a otras empresas, sin embargo debemos tener mucho cuidado con el control a todos los subcontratistas y proveedores ya que podrían ocasionar riesgos inaceptables que debemos evitar.

- Las partidas que requieren una planificación, ejecución, seguimiento y control medio, donde su oportunidad de generar sobrecostos es normal y si en caso ocurriese tendría un impacto intermedio dentro del presupuesto son las siguientes: Contrapiso y Tarrajeo de Cielo Raso e Interiores, que tienen una amenaza de incrementar el costo que se encuentra en el rango comprendido entre 0,02 y 0,08.
- Las partidas donde no es recomendable hacer un esfuerzo de optimización considerable debido a su baja probabilidad de ocurrencia en el incremento de los costos y donde además no existiría un impacto importante por sobrecostos dentro del presupuesto del proyecto es la Limpieza de Obra, que tiene una amenaza de incrementar sus costos que se encuentra por debajo del 0,02.

Luego de haber realizado el análisis cualitativo de los riesgos dentro de cada partida procederemos a explicar el diseño del modelo cuantitativo para tener como resultado la curva de distribución de probabilidades del costo total del proyecto.

Elegiremos la partida Concreto, como ejemplo para el diseño del modelo probabilístico del costo directo dicha partida. El resto de partidas han pasado por el mismo proceso de diseño de la curva de distribución por lo que se ha creído conveniente explicar solamente el proceso de diseño de la curva de distribución de la partida Concreto.

Verificando la tabla de impacto positivo (oportunidad) en el costo directo del proyecto, visualizamos que la partida Concreto tiene los

siguientes valores:

0,00  
0,00  
0,02  
0,10

Estos valores corresponden a las situaciones optimistas de Oportunidad contractual, Disminución del precio de insumos, Alta productividad de la mano de obra y/o equipo y Mejoramiento de procedimientos constructivos respectivamente.

El caso óptimo se daría si es que estas cuatro situaciones se presenten a la vez, lo que significaría un impacto positivo de 0,12. Quiere decir que si ocurren estas cuatro oportunidades a la vez la reducción de costos dentro de dicha partida alcanzaría el 12%. Es decir que el costo considerado en el presupuesto para la partida Concreto se reduciría en un 12% o lo que es lo mismo, el costo sería tan sólo el 88% del valor estimado.

Verificando la tabla de impacto negativo (amenaza) en el costo directo del proyecto, visualizamos que la partida Concreto tiene los siguientes valores:

0,01  
0,00  
0,02  
0,05  
0,01  
0,10  
0,02

Estos valores corresponden a las situaciones pesimistas de Problema contractual, Incremento del precio de insumos, Falla del proveedor, Accidente en obra, Huelga de trabajadores, Baja

productividad y Falla en procedimiento constructivo respectivamente.

El caso más pesimista se daría si es que estas siete situaciones se presenten a la vez, lo que significaría un impacto negativo de 0,24. Quiere decir que si ocurren estas siete oportunidades a la vez el incremento de costos dentro de dicha partida alcanzaría el 24%.

Por lo tanto tenemos que para la partida Concreto el caso más óptimo produciría una disminución del 12% del costo de dicha partida, mientras que el caso más pesimista generaría el incremento en un 24% del valor total de dicha partida. Por lo tanto tendremos el siguiente esquema para nuestra curva de distribución de probabilidades:

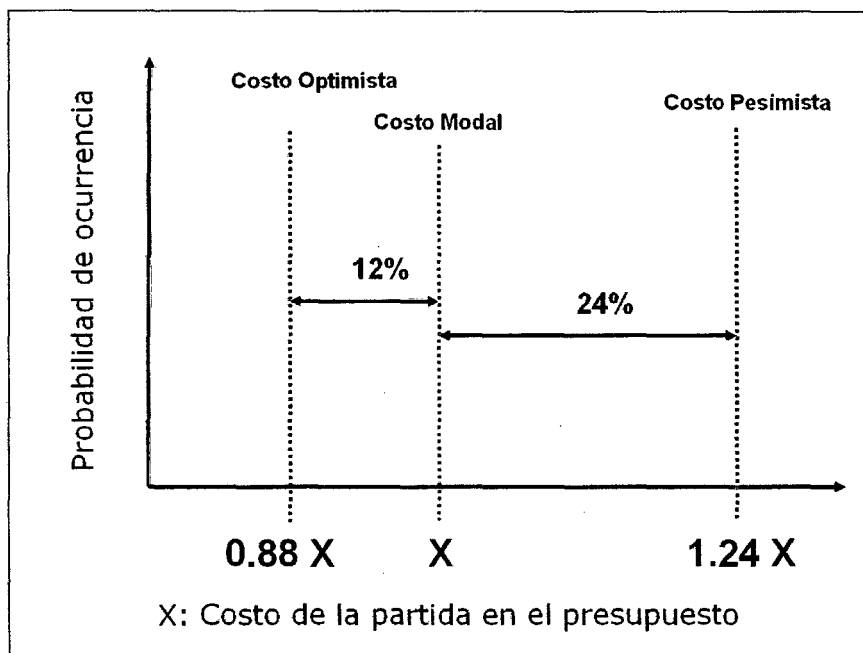


Figura 4.6. Esquema de la curva de distribución del costo.

El valor que aparece en nuestro presupuesto para cada partida viene a ser el valor modal de nuestro modelo. La razón por la cual se elige como costo modal al costo presupuestado, es porque la MODA se define como EL VALOR NUMERICO DE MAYOR

FRECUENCIA ABSOLUTA DENTRO DE UNA POBLACION. También se define como EL VALOR MAS RECURRENTE DEL CONJUNTO. Es por esto que para nuestro modelo matemático la moda representa el valor más representativo (el que más se repite) y no el promedio como muchos creen. Si nosotros creemos que el costo presupuestado de cada partida viene a ser el promedio de los valores posibles, entonces estamos tomando en cuenta todas las variaciones excesivas de los datos y por lo tanto nuestro modelo nos inducirá a error.

Dependiendo si la variación del costo es muy alta, alta, media, baja o muy baja, la probabilidad del costo modal tendrá cinco valores posibles.

Expresión Verbal	Probabilidad (%)
Variación muy alta	10
Variación alta	20
Variación media	30
Variación baja	40
Variación muy baja	50

**Tabla 4.13. Probabilidad de ocurrencia del costo modal.**

**Fuente: "Universal Risk Project Final Report". Risk Management Research and Development Program (2002)**

El autor de la presente tesis, para el diseño del modelo de simulación del costo y tiempo de ejecución de las partidas del proyecto de construcción "Malecón Balta", ha usado cinco valores para representar la probabilidad de ocurrencia del costo modal de acuerdo a la intensidad de la variabilidad de dicha variable. Estos cinco valores nacen de la clasificación de cinco tipos de densidades de probabilidad dados en el documento denominado "Universal Risk Project Final Report" elaborado por el Risk Management Research and Development Program los mismos que son producto de diversas investigaciones realizadas en diversos proyectos

estudiados por este equipo de investigación.

Para el caso de la partida Concreto, debido a que tiene una variación media de valores en cuanto a costo, le asignaremos una probabilidad de ocurrencia de 30% a su costo modal. Por lo tanto la forma de la curva, tomando en cuenta una distribución BETA, es decir una campana sesgada hacia la izquierda (Figura 4.3).

La mayoría de curvas de distribución tienen la forma de una CURVA BETA, sin embargo hay dos partidas, que debido a las características de su subcontrato, la empresa constructora debe entregar al subcontratista un mínimo costo por el trabajo total realizado y si en caso existen vicios ocultos o problemas adicionales durante el trabajo, ambas empresas deben asumir los costos adicionales. Esto quiere decir que dichas partidas tienen un costo mínimo pudiendo incrementar el pago final por parte del contratista principal dependiendo de las condiciones de ejecución de la tarea. Para esto la oportunidad de optimizar el costo de dicha partida es CERO, mientras que el riesgo que tienen dichas partidas de generar sobrecostos con respecto al costo presupuestado previamente es relativamente alto. Por tanto la forma de la curva resultante es una hipérbola decreciente.



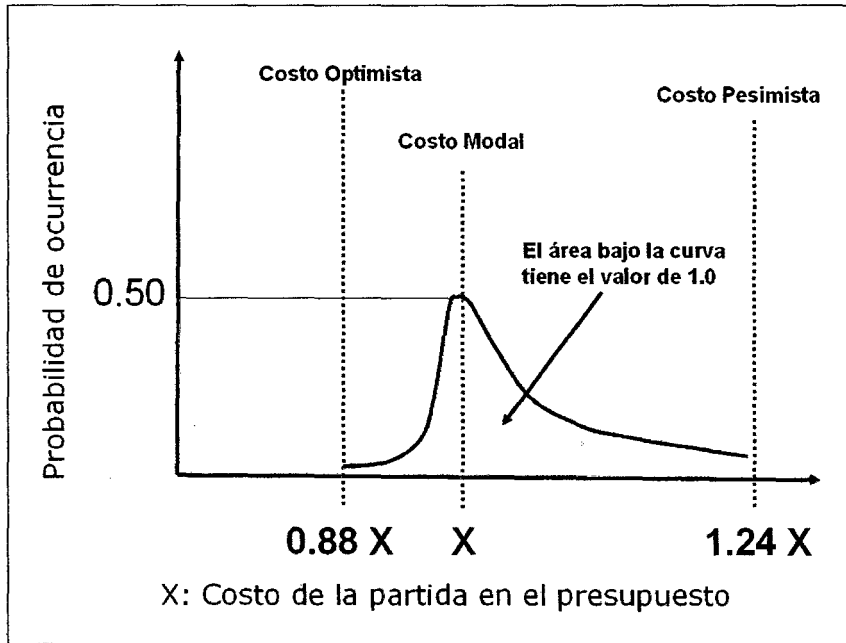


Figura 4.7. Modelo de distribución de probabilidades del costo directo de la partida Concreto.

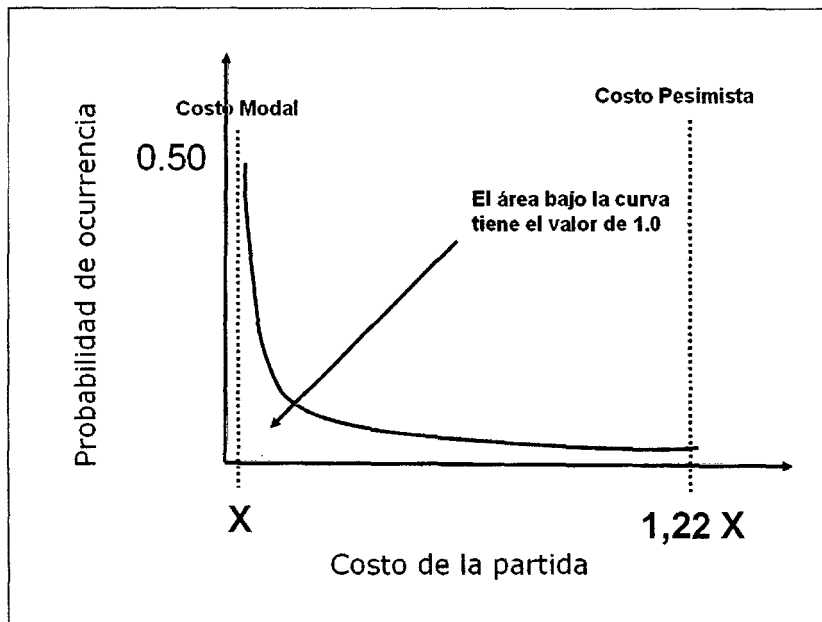


Figura 4.8. Curva de distribución del costo de la partida Movimiento de tierras.

(b) Modelo probabilístico del tiempo de ejecución de uno de los

## procesos constructivos del proyecto

El proceso de diseño de las curvas de distribución para los tiempos de ejecución de los procesos constructivos que integran la ruta crítica del proyecto de construcción es el mismo que realizar el diseño de las curvas de distribución de los costos de cada partida del proyecto.

Sin embargo a diferencia del modelamiento de las curvas de costos, donde que es posible encontrar curvas diversas dependiendo de las características especiales de subcontrato de la partida, en las curvas de distribución del tiempo, todas las curvas son CURVAS DE DISTRIBUCION BETA.

Una Curva Beta es el mejor modelo existente para representar el probable comportamiento del tiempo de ejecución de una tarea, ya que los valores mínimos de tiempo de duración de cada actividad tienen una probabilidad muy baja de ocurrencia además de estar ubicados muy cerca del valor de tiempo modal. La probabilidad de reducción de tiempo de una actividad es bastante corta e incluso la cantidad de tiempo a reducir es bastante baja además de tener un punto de cierre ya que la reducción de tiempo de cualquier actividad tiene un límite físico, es decir no puede pasar de un cierto tiempo mínimo de ejecución.

Todo lo contrario sucede con el lado pesimista de la distribución de probabilidad de tiempo de ejecución de las actividades de un proyecto, ya que es probable que el tiempo de duración de una actividad sea infinito. Si bien es cierto que una actividad puede nunca llegar a culminarse (tiempo de duración infinito) también es cierto que esta situación tiene una probabilidad de ocurrencia muy baja (su probabilidad de ocurrencia tiende a cero) ya que en la mayoría de proyectos es indispensable culminar con todas las actividades y por lo tanto concluir el proyecto. Pero este fenómeno indica que la curva de distribución del tiempo de ejecución de una

tarea tiende al infinito por la derecha y por la izquierda (por el lado optimista) tiene un límite físico cercano al tiempo más representativo (tiempo modal). Esta es la razón por la cual toda curva de distribución probabilística del tiempo de duración de una tarea tenga la forma de una curva BETA.

Las tablas correspondientes a las probabilidades de ocurrencia de los eventos positivos (oportunidades) y eventos negativos (amenazas) para cada proceso constructivo de nuestro proyecto de construcción son:

PROBABILIDAD DE OCURRENCIA OPORTUNIDAD EN EL TIEMPO		ESTRUCTURA DE DESCOMPOSICION DEL RIESGO RISK BREAKDOWN STRUCTURE (RBS)		
ESTRUCTURA DE DESCOMPOSICION DEL TRABAJO ENUMERACION DE PROCESOS CONSTRUCTIVOS WORK BREAKDOWN STRUCTURE (WBS)	PROCESOS CONSTRUCTIVOS	SUBCONTRATO (OPORTUNIDAD CONTRACTUAL)	ALTA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA Y/O EQUIPO	MEJORAMIENTO de PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS
	OBRAS PRELIMINARES Y PROVISIONALES	0,2	0,3	0,3
	MOVIMIENTO DE TIERRAS	0,3	0,4	0,2
	MUROS PANTALLA	0,3	0,3	0,4
	CIMENTACIONES	0	0,2	0,2
	ESTRUCTURAS DE SOTANOS	0	0,1	0,2
	ESTRUCTURAS DE PISO	0	0,1	0,2
	TARRAJEO DE CIELO RASO E INTERIORES	0	0,3	0,2
	MUROS DE TABIQUERIA	0,3	0,2	0,3
	CONTRAPISO	0	0,1	0,1
	EMPASTE Y PRIMERA MANO DE MUROS	0,2	0,2	0,2
	CERAMICOS	0	0,1	0,1
	CARPINTERIA Y VIDRIOS	0	0,1	0,2
	PARQUET	0,3	0,2	0,3
	MUEBLES DE COCINA Y SANITARIOS	0	0,1	0,1
	SEGUNDA MANO DE PINTURA	0	0,1	0,2
	ACABADOS VARIOS	0,3	0,2	0,3

**Tabla 4.14. Probabilidad de ocurrencia de las oportunidades de reducir el tiempo de ejecución de las actividades del proyecto "Malecón Balta". Valores extraídos de la tabla 4.8 recomendada por el Ing. Félix Valdez, en "Gerencia de Riesgos" (2004).**

PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE LA AMENAZA EN EL TIEMPO		ESTRUCTURA DE DESCOMPOSICION DEL RIESGO RISK BREAKDOWN STRUCTURE (RBS)					
ESTRUCTURA DE DESCOMPOSICION DEL TRABAJO WORK BREAKDOWN STRUCTURE (WBS)	PARTIDAS	SUBCONTRATO (PROBLEMA CONTRACTUAL)	CONFIABILIDAD DEL PROVEEDOR (FALLA)	SEGURIDAD EN LA CONSTRUCCION (ACCIDENTE)	SINDICATO (HUELGA)	BAJA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA Y/O EQUIPO	FALLA EN LA CALIDAD DE PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS
	OBRAS PRELIMINARES Y PROVISIONALES	0,2	0,2	0,1	0,1	0,3	0,4
	MOVIMIENTO DE TIERRAS	0,8	0,3	0,5	0,3	0,6	0,8
	MUROS PANTALLA	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6
	CIMENTACIONES	0,2	0,3	0,3	0,2	0,5	0,4
	ESTRUCTURAS DE SOTANOS	0,4	0,2	0,3	0,2	0,5	0,5
	ESTRUCTURAS DE PISO	0,4	0,2	0,2	0,4	0,3	0,2
	TARRAJEO DE CIELO RASO E INTERIORES	0	0,3	0,2	0,1	0,3	0,1
	MUROS DE TABIQUERIA	0,4	0,6	0,3	0,3	0,1	0,3
	CONTRAPISO	0	0	0,2	0,4	0,4	0,4
	EMPASTE Y PRIMERA MANO DE MUROS	0,3	0,2	0	0,1	0,2	0,5
	CERAMICOS	0,3	0,2	0	0,1	0,3	0,3
	CARPINTERIA Y VIDRIOS	0	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1
	PARQUET	0,2	0,1	0,5	0,1	0,1	0,4
	MUEBLES DE COCINA Y SANITARIOS	0,3	0,4	0,1	0,1	0,2	0,4
	SEGUNDA MANO DE PINTURA	0,3	0,4	0	0,1	0,4	0,4
	ACABADOS VARIOS	0,5	0,3	0	0,3	0,4	0,5

**Tabla 4.15. Probabilidad de ocurrencia de las amenazas en el tiempo de ejecución de las actividades del proyecto "Malecón Balta". Valores extraídos de la tabla 4.8 recomendada por el Ing. Félix Valdez, en "Gerencia de Riesgos" (2004).**

Las tablas correspondientes a los impactos de cada uno de los riesgos en la duración de las actividades de cada proceso

constructivo son:

IMPACTO EN EL TIEMPO (OPORTUNIDAD)		ESTRUCTURA DE DESCOMPOSICION DEL RIESGO RISK BREAKDOWN STRUCTURE (RBS)			IMPACTO OPTIMISTA
ESTRUCTURA DE DESCOMPOSICION DEL TRABAJO ENUMERACION DE PROCESOS CONSTRUCTIVOS WORK BREAKDOWN STRUCTURE (WBS)	PROCESOS CONSTRUCTIVOS	SUBCONTRATO (OPORTUNIDAD CONTRACTUAL)	ALTA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA Y/O EQUIPO	MEJORAMIENTO de PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS	
		OBRAS PRELIMINARES Y PROVISIONALES	0,05	0,05	0,1
	MOVIMIENTO DE TIERRAS	0,1	0,1	0,1	0,3
	MUROS PANTALLA	0,1	0,1	0,2	0,4
	CIMENTACIONES	0	0,2	0,1	0,3
	ESTRUCTURAS DE SOTANOS	0	0,1	0,1	0,2
	ESTRUCTURAS DE PISO	0	0,1	0,1	0,2
	TARRAJEO DE CIELO RASO E INTERIORES	0	0,1	0,1	0,2
	MUROS DE TABIQUERIA	0,1	0,1	0,05	0,25
	CONTRAPISO	0	0,1	0,1	0,2
	EMPASTE Y PRIMERA MANO DE MUROS	0,05	0,1	0,05	0,2
	CERAMICOS	0,05	0,1	0,05	0,2
	CARPINTERIA Y VIDRIOS	0,05	0,1	0,05	0,2
	PARQUET	0,1	0,05	0,1	0,25
	MUEBLES DE COCINA Y SANITARIOS	0,2	0,2	0,1	0,5
	SEGUNDA MANO DE PINTURA	0,2	0,1	0,1	0,4
	ACABADOS VARIOS	0,2	0,1	0,1	0,4

**Tabla 4.16. Impacto positivo en el tiempo de ejecución del proyecto de construcción "Malecón Balta". Valores recomendados por el Instituto de Dirección de Proyectos (PMI) y extraídos de la tabla 4.5**

IMPACTO EN EL TIEMPO (AMENAZA)		ESTRUCTURA DE DESCOMPOSICION DEL RIESGO RISK BREAKDOWN STRUCTURE (RBS)						IMPACTO PESIMISTA
ESTRUCTURA DE DESCOMPOSICION DEL TRABAJO WORK BREAKDOWN STRUCTURE (WBS)	PARTIDAS	SUBCONTRATO (PROBLEMA CONTRACTUAL)	CONFIABILIDAD DEL PROVEEDOR (FALLA)	SEGURIDAD EN LA CONSTRUCCION (ACCIDENTE)	SINDICATO (HUELGA)	BAJA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA Y/O EQUIPO	FALLA EN LA CALIDAD DE PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS	
	OBRAS PRELIMINARES Y PROVISIONALES	0	0	0,1	0,2	0,3	0,5	1,1
	MOVIMIENTO DE TIERRAS	0,1	0	0,1	0,1	0,3	0,3	0,9
	MUROS PANTALLA	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,4	1,1
	CIMENTACIONES	0	0	0,3	0,2	0,4	0,5	1,4
	ESTRUCTURAS DE SOTANOS	0,2	0,4	0,2	0,4	0,3	0,2	1,7
	ESTRUCTURAS DE PISO	0,2	0,4	0,2	0,4	0,3	0,2	1,7
	TARRAJEO DE CIELO RASO E INTERIORES	0	0,4	0,3	0,4	0,2	0,3	1,6
	MUROS DE TABIQUERIA	0,4	0,4	0,3	0,3	0,5	0,2	2,1
	CONTRAPISO	0	0,2	0	0,2	0,2	0,2	0,8
	EMPASTE Y PRIMERA MANO DE MUROS	0,2	0,4	0	0,4	0,2	0,3	1,5
	CERAMICOS	0,1	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2	1,1
	CARPINTERIA Y VIDRIOS	0,1	0,3	0,2	0,4	0,3	0,3	1,6
	PARQUET	0,2	0,4	0,2	0,2	0,3	0,4	1,7
	MUEBLES DE COCINA Y SANITARIOS	0,5	0,8	0	0,2	0,2	0,8	2,5
	SEGUNDA MANO DE PINTURA	0,2	0,4	0	0,1	0,1	0,3	1,1
	ACABADOS VARIOS	0,3	0,2	0	0,3	0,2	0,3	1,3

**Tabla 4.17. Impacto negativo en el tiempo de ejecución del proyecto de construcción "Malecón Balta". Valores recomendados por el Instituto de Dirección de Proyectos (PMI) y extraídos de la tabla 4.5**

Al tener los impactos y las probabilidades de ocurrencia de los

riesgos para cada una de las partidas del proyecto, se procede a realizar la multiplicación del impacto de cada riesgo por su respectiva probabilidad de ocurrencia para determinar la importancia de los riesgos y finalmente la sumatoria de dichas importancias nos dará como resultado qué tan riesgosa es cada partida del proyecto:

$$\text{Riesgo} = \text{Impacto} \times \text{Probabilidad}$$

A continuación se resume el análisis de riesgo cualitativo para cada una de las partidas del proyecto a las cuales se le realizará la simulación de Monte Carlo.



OPORTUNIDAD EN EL TIEMPO		ESTRUCTURA DE DESCOMPOSICION DEL RIESGO RISK BREAKDOWN STRUCTURE (RBS)			OPORTUNIDAD EN EL TIEMPO	NIVEL DE OPORTUNIDAD
ACTIVIDADES DEL PROYECTO	SUBCONTRATO (OPORTUNIDAD CONTRACTUAL)	ALTA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA Y/O EQUIPO	MEJORAMIENTO DE PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS			
	ESTRUCTURA DE DESCOMPOSICION DEL TRABAJO ENUMERACION DE PROCESOS CONSTRUCTIVOS WORK BREAKDOWN STRUCTURE (WBS)	OBRAS PRELIMINARES Y PROVISIONALES	0,01	0,015	0,03	0,055
MOVIMIENTO DE TIERRAS		0,03	0,04	0,02	0,09	ALTA
MUROS PANTALLA		0,03	0,03	0,08	0,14	ALTA
CIMENTACIONES		0	0,04	0,02	0,06	ALTA
ESTRUCTURAS DE SOTANOS		0	0,01	0,02	0,03	MEDIA
ESTRUCTURAS DE PISO		0	0,01	0,02	0,03	MEDIA
TARRAJEO DE CIELO RASO E INTERIORES		0	0,03	0,02	0,05	MEDIA
MUROS DE TABIQUERIA		0,03	0,02	0,015	0,065	ALTA
CONTRAPISO		0	0,01	0,01	0,02	BAJA
EMPASTE Y PRIMERA MANO DE MUROS		0,01	0,02	0,01	0,04	MEDIA
CERAMICOS		0	0,01	0,005	0,015	BAJA
CARPINTERIA Y VIDRIOS		0	0,01	0,01	0,02	BAJA
PARQUET		0,03	0,01	0,03	0,07	ALTA
MUEBLES DE COCINA Y SANITARIOS		0	0,02	0,01	0,03	MEDIA
SEGUNDA MANO DE PINTURA		0	0,01	0,02	0,03	MEDIA
ACABADOS VARIOS	0,06	0,02	0,03	0,11	ALTA	

**Tabla 4.18. Análisis cualitativo de las oportunidades en reducir el tiempo de ejecución del proyecto "Malecón Balta".**  
Valores obtenidos de multiplicar los impactos positivos de la tabla 4.16 y las probabilidades de ocurrencia de las oportunidades de la tabla 4.14.

AMENAZA EN EL TIEMPO		ESTRUCTURA DE DESCOMPOSICION DEL RIESGO RISK BREAKDOWN STRUCTURE (RBS)						RIESGO EN EL TIEMPO DE EJECUCION	NIVEL DE AMENAZA
ESTRUCTURA DE DESCOMPOSICION DEL TRABAJO WORK BREAKDOWN STRUCTURE (WBS)	PARTIDAS	SUBCONTRATO (PROBLEMA CONTRACTUAL)	CONFIABILIDAD DEL PROVEEDOR (FALLA)	SEGURIDAD EN LA CONSTRUCCION (ACCIDENTE)	SINDICATO (HUELGA)	BAJA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA Y/O EQUIPO	FALLA EN LA CALIDAD PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS		
		OBRAS PRELIMINARES Y PROVISIONALES	0	0	0,01	0,02	0,09	0,2	0,320
	MOVIMIENTO DE TIERRAS	0,08	0	0,05	0,03	0,18	0,24	0,580	ALTO
	MUROS PANTALLA	0,06	0,08	0,04	0,04	0,08	0,24	0,540	ALTO
	CIMENTACIONES	0	0	0,09	0,04	0,2	0,2	0,530	ALTO
	ESTRUCTURAS DE SOTANOS	0,08	0,08	0,06	0,08	0,15	0,1	0,550	ALTO
	ESTRUCTURAS DE PISO	0,08	0,08	0,04	0,16	0,09	0,04	0,490	MEDIO
	TARRAJEO DE CIELO RASO E INTERIORES	0	0,12	0,06	0,04	0,06	0,03	0,310	MEDIO
	MUROS DE TABIQUERIA	0,16	0,24	0,09	0,09	0,05	0,06	0,690	ALTO
	CONTRAPISO	0	0	0	0,08	0,08	0,08	0,240	BAJO
	EMPASTE Y PRIMERA MANO DE MUROS	0,06	0,08	0	0,04	0,04	0,15	0,370	MEDIO
	CERAMICOS	0,03	0,06	0	0,01	0,06	0,06	0,220	BAJO
	CARPINTERIA Y VIDRIOS	0	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,170	BAJO
	PARQUET	0,04	0,04	0,1	0,02	0,03	0,16	0,390	MEDIO
	MUEBLES DE COCINA Y SANITARIOS	0,15	0,32	0	0,02	0,04	0,32	0,850	ALTO
	SEGUNDA MANO DE PINTURA	0,06	0,16	0	0,01	0,04	0,12	0,390	MEDIO
	ACABADOS VARIOS	0,15	0,06	0	0,09	0,08	0,15	0,530	ALTO

**Tabla 4.19. Análisis cualitativo de las amenazas en el tiempo de ejecución del proyecto "Malecón Balta".**

**Valores obtenidos de multiplicar los impactos negativos de la tabla 4.17 y las probabilidades de ocurrencia de las amenazas en el tiempo de ejecución de la tabla 4.15.**

Del análisis de la tabla de oportunidades en el tiempo de ejecución del proyecto (disminución del tiempo de duración del proyecto)

podemos concluir lo siguiente:

- Las procesos constructivos a los cuales se les debe dar mayor importancia durante su planificación, ejecución y control y a los que se les debe hacer un seguimiento más estricto con la finalidad de poder reducir su tiempo de ejecución y poder maximizar los eventos positivos y favorables a la reducción de su duración son los siguientes: Movimiento de Tierras, Muros pantalla, Obras Preliminares y Provisionales, Cimentaciones, Muros de tabiquería, Parquet y Acabados varios. Todas estas actividades, según el análisis realizado tienen una oportunidad mayor a 0,05 para generar un recorte de su duración durante la ejecución del proyecto.
- Los procesos constructivos que requieren una planificación, ejecución, seguimiento y control medio, donde su oportunidad de reducir tiempos es normal y si en caso ocurriese tendría un impacto intermedio dentro del tiempo de ejecución total del proyecto son las siguientes: Estructuras de sótanos, Estructuras de piso, Tarrajeo de cielo raso e interiores, Empaste y primera mano de muros, Muebles de cocina y sanitarios y Segunda mano de pintura, que tienen una oportunidad en el tiempo que se encuentra en el rango comprendido entre 0,03 y 0,05.
- Las actividades donde no es recomendable hacer un esfuerzo de optimización debido a su baja probabilidad de ocurrencia en la reducción de tiempos y donde además no existiría un impacto importante en la reducción de la duración del tiempo de ejecución del proyecto son las siguientes: Contrapiso, Cerámicos y Carpintería y vidrios que tienen una oportunidad en el tiempo que se encuentra por debajo del 0,03.

Del análisis de la tabla de amenazas en el tiempo de ejecución del proyecto (incremento del tiempo de ejecución del proyecto) podemos concluir lo siguiente:

- La amenaza de incremento del tiempo en todas las actividades es mucho mayor comparado con la oportunidad de reducir las duraciones, ya que debido a las características inherentes en la ejecución de obras de nuestro país existen muchas situaciones que pueden generar retrasos indeseables durante el proyecto. Las situaciones que hemos tomado en cuenta para modelar las causas de retrasos son: problema contractual, falla del proveedor de materiales, accidente en obra, huelga de trabajadores, baja productividad de la mano de obra y falta de calidad durante la ejecución del trabajo.
- Los procesos constructivos a los cuales se les debe mayor importancia durante su planificación, ejecución y control y a los que se les debe hacer un seguimiento más estricto con la finalidad de poder evitar un incremento considerable en la duración de los procesos constructivos y poder minimizar los eventos negativos y desfavorables dentro de su ejecución son las siguientes: Movimiento de tierras, Muros pantalla, Cimentaciones, Estructuras de Sótanos, Muros de tabiquería, Muebles de cocina y sanitarios y Acabados varios. Todas estas actividades, según el análisis realizado, tienen una amenaza mayor a 0,50 de provocar un incremento del costo del proyecto por lo que deben ser objeto de un control más estricto que las demás.
- Las actividades que requieren una planificación, ejecución, seguimiento y control medio, donde la amenaza de generar retrasos en la ejecución de las tareas es normal y si en caso ocurriese tendría un impacto intermedio dentro del tiempo de ejecución total del proyecto son las siguientes: Obras Preliminares y provisionales, Estructuras de piso, Tarrajeo de cielo raso e interiores, Empaste y primera mano de pintura, Segunda mano de pintura y Parquet, que tienen una oportunidad en el costo que se encuentra en el rango

comprendido entre 0,30 y 0,50.

- Las actividades que representan una baja amenaza en cuanto a generar retrasos en el tiempo de duración del proyecto y donde además no existiría un impacto importante por retraso en la ejecución de dichas actividades en la programación del proyecto son las siguientes: Contrapiso, Cerámicos y Carpintería y Vidrios, que tienen una amenaza de incrementar su duración que se encuentra por debajo de 0,30.

Luego de haber realizado el análisis cualitativo de los riesgos para cada proceso constructivo procederemos a explicar el diseño del modelo cuantitativo para tener como resultado la curva de distribución de probabilidades del tiempo de ejecución total del proyecto.

Elegiremos la actividad Movimiento de tierras, como ejemplo para el diseño del modelo probabilístico de la duración de dicho proceso constructivo. El resto de actividades de construcción han pasado por el mismo proceso de diseño de la curva de distribución por lo que se ha creído conveniente explicar solamente el proceso de diseño de la curva de distribución del Movimiento de tierras.

Verificando la tabla de impacto positivo (oportunidad) en el tiempo de ejecución de las actividades del proyecto, visualizamos que la partida Movimiento de tierras tiene los siguientes valores:

0,10

0,10

0,10

Estos valores corresponden a las situaciones optimistas de Oportunidad contractual, Alta productividad de la mano de obra y/o equipo y Mejoramiento de procedimientos constructivos respectivamente.

El caso óptimo se daría si es que estas tres situaciones se presenten a la vez, lo que significaría un impacto positivo de 0,30. Quiere decir que si ocurren estas tres oportunidades a la vez la reducción de la duración dentro de dicha actividad alcanzaría el 30%. Es decir que el tiempo considerado dentro de la programación para la actividad Movimiento de tierras se reduciría en un 30% o lo que es lo mismo, el tiempo de ejecución sería tan sólo el 70% del valor estimado.

Verificando la tabla de impacto negativo (amenaza) en la duración del proyecto, visualizamos que la actividad Movimiento de tierras tiene los siguientes valores:

0,10

0,00

0,10

0,10

0,30

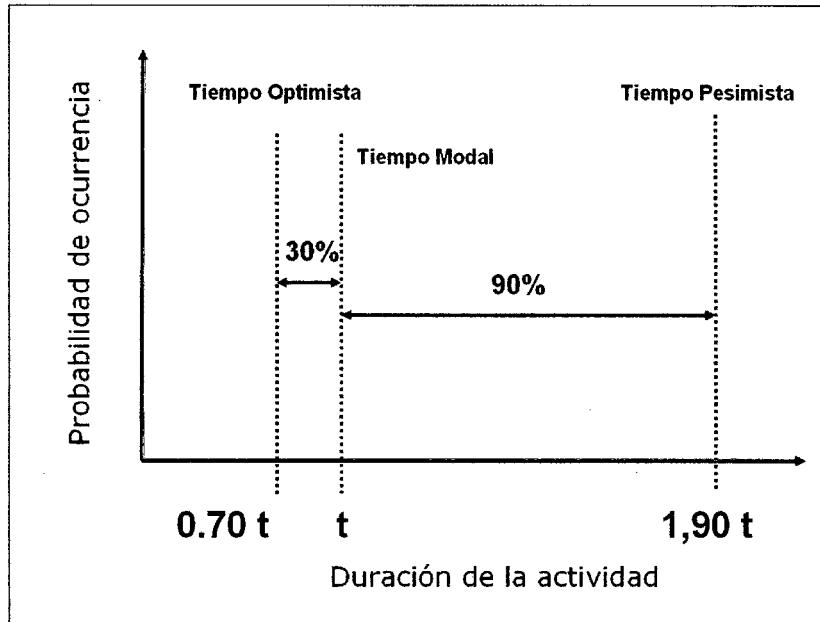
0,30

Estos valores corresponden a las situaciones pesimistas de Problema contractual, Falla del proveedor, Accidente en obra, Huelga de trabajadores, Baja productividad y Falla en procedimiento constructivo respectivamente.

El caso más pesimista se daría si es que estas seis situaciones se presenten a la vez, lo que significaría un impacto negativo de 0,90. Quiere decir que si ocurren estas siete amenazas a la vez el incremento del tiempo de duración del Movimiento de tierras se incrementaría en un 90%.

Por lo tanto tenemos que para el Movimiento de tierras el caso más óptimo produciría una disminución del 30% de la duración de dicha actividad, mientras que el caso más pesimista generaría el

incremento en un 90% de su tiempo de ejecución total. Por lo tanto tendremos el siguiente esquema para nuestra curva de distribución de probabilidades:



**Figura 4.9. Esquema de la curva de distribución del tiempo del Movimiento de tierras.**

El valor que aparece en nuestra programación para cada partida viene a ser el valor modal de nuestro modelo. La razón por la cual se elige como tiempo modal al tiempo estimado en nuestra programación, es porque la MODA se define como EL VALOR NUMERICO DE MAYOR FRECUENCIA ABSOLUTA DENTRO DE UNA POBLACION. También se define como EL VALOR MAS RECURRENTE DEL CONJUNTO. Es por esto que para nuestro modelo matemático la moda representa el valor más representativo (el que más se repite) y no el promedio como muchos creen. Si nosotros creemos que el tiempo estimado de cada actividad viene a ser el promedio de los valores posibles, entonces estamos tomando en cuenta todas las variaciones excesivas de los datos y por lo tanto nuestro modelo nos inducirá a error.

Dependiendo si la variación del tiempo es muy alta, alta, media,

baja o muy baja, la probabilidad del tiempo modal tendrá cinco valores posibles. Estos cinco valores nacen de la clasificación de cinco tipos de densidades de probabilidad dados en el documento denominado "Universal Risk Project Final Report" elaborado por el Risk Management Research and Development Program los mismos que son producto de diversas investigaciones realizadas en diversos proyectos realizados por este equipo de investigación. A continuación se definen estos cinco valores.

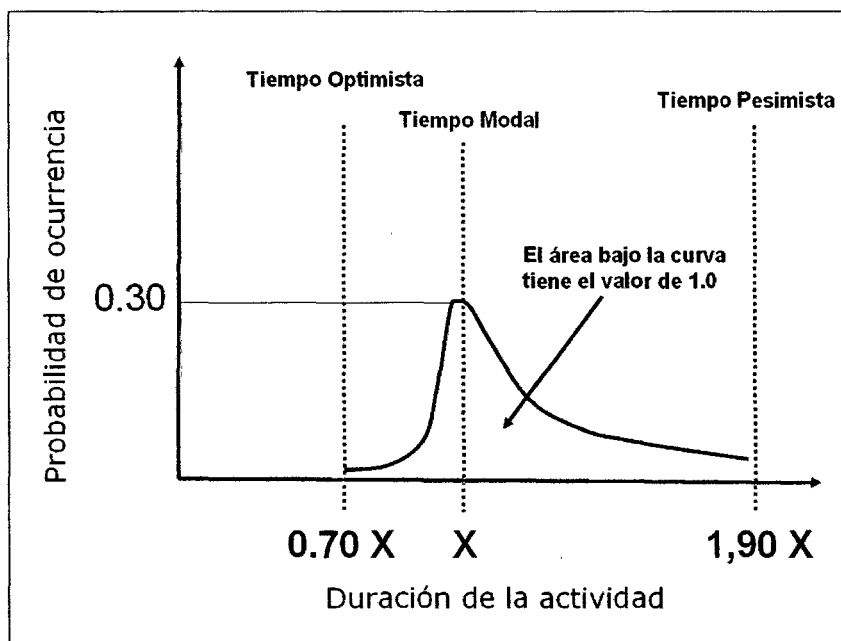
<b>Expresión Verbal</b>	<b>Probabilidad (%)</b>
Variación muy alta	10
Variación alta	20
Variación media	30
Variación baja	40
Variación muy baja	50

**Tabla 4.20. Probabilidad de ocurrencia del costo modal.**

**FUNTE: "Universal Risk Project Final Report". Risk Management Research and Development Program (2002).**

Para el caso del Movimiento de tierras, debido a que tiene una variación media de valores en cuanto a los tiempos posibles de ejecución, le asignaremos una probabilidad de ocurrencia de 0.30 a su tiempo modal. Por lo tanto la forma de la curva, tomando en cuenta una distribución BETA, es decir una campana sesgada hacia la izquierda será como sigue:





**Figura 4.9. Modelo de distribución de probabilidades del tiempo de duración del Movimiento de tierras.**

#### **(4) Explicación del funcionamiento del programa de simulación en Excel basado en la Teoría de Monte Carlo**

Una simulación es el proceso de construir un modelo matemático o lógico de un sistema y experimentarlo para obtener información acerca del comportamiento de dicho sistema o para facilitar nuestro juicio en el proceso de toma de decisiones.

Una simulación es particularmente útil cuando el sistema analizado muestra un alto grado de incertidumbre, es decir cuando la predicción del comportamiento de nuestro sistema es muy difícil de realizar por medio de métodos analíticos. Ese es el caso de la determinación o predicción del costo y tiempo de ejecución de nuestros proyectos de construcción.

Toda simulación está basada en un modelo. Un modelo es una abstracción o representación de un sistema, idea u objeto. Los modelos

pueden tomar formas diferentes dependiendo del tipo de funcionamiento de la simulación que se quiere realizar. Los modelos pueden ser discretos o continuos. Esta definición se refiere al tipo de variable utilizada en el modelo. El modelo de simulación es un conjunto de suposiciones que definen el sistema o el problema a solucionar. Los modelos de simulación evalúan el comportamiento de un sistema para un conjunto específico de datos (en este caso las entradas se refieren a las curvas de distribución antes descritas). Estos datos incluyen variables controlables especificadas por el analista y variables no controlables que capturan el ambiente del problema.

Una hoja de cálculo por ejemplo es un modelo de simulación en el cual las suposiciones son las fórmulas insertadas en las celdas. Para cualquier conjunto de entradas (inputs), la hoja calcula las salidas (outputs) de interés. A continuación se muestra una hoja de cálculo simple conformada por dos columnas y cinco filas donde simulamos los futuros costos de la partida Concreto Tipo I Premezclado  $f'c = 175$  kg/cm<sup>2</sup> Slump 3"-4" para cuatro metrados distintos (el precio unitario por m<sup>3</sup> de concreto de este tipo es de \$93.85 (sin incluir el IGV).

<b>Metrado (m3)</b> <b>INPUT</b>	<b>Costo en \$</b> <b>OUTPUT</b>
250	\$23,462.50
300	\$28,155.00
350	\$32,847.50
400	\$37,540.00

**Tabla 4.21. Hoja de cálculo como modelo simple de simulación de costos.**

Como se puede apreciar en la hoja de cálculo anterior, para cuatro cantidades probables de concreto a utilizar, se obtienen cuatro costos probables para dicha partida. Estas cuatro operaciones representan un modelo simple de simulación de costos. Con la hoja de cálculo, el analista puede experimentar con el modelo utilizando suposiciones diferentes, por ejemplo cambiando el metrado de concreto a utilizar

para contestar una variedad de preguntas "qué pasa con el costo si...".

La diferencia esencial entre este modelo de hoja cálculo y el modelo de simulación que presentaremos a continuación, es que nuestro modelo de simulación incluye elementos probabilísticos. Por ejemplo en la tabla anterior podríamos asumir que la cantidad de concreto a utilizar durante nuestro proyecto de construcción sea "distribuido normalmente". Bajo esta suposición, las salidas de la hoja de cálculo (costo de la partida Concreto) no serán valores únicos y determinados, sino que serán caracterizados por una distribución de probabilidad.

Para determinar las salidas de un modelo estadístico caracterizado por diferentes variables conformadas por funciones de distribución de probabilidades, vamos a hacer uso de la llamada SIMULACION MONTE CARLO.

La simulación Monte Carlo es un experimento estadístico que usa técnicas muestreo para estimar la distribución de salida que depende de las variables probabilísticas de entrada.

El nombre de Monte Carlo se debe a su semejanza con el juego de la ruleta en el famoso casino de Monte Carlo. Muchas veces, la simulación Monte Carlo viene utilizada para determinar el riesgo involucrado en la toma de decisiones. El riesgo puede ser definido como la probabilidad de ocurrencia de un resultado determinado. Por ejemplo podríamos estar interesados en conocer la probabilidad que el costo directo del proyecto de construcción exceda un monto específico y por lo tanto poner en riesgo la rentabilidad del mismo.

Una hoja de cálculo como MICROSOFT EXCEL suministra al analista potentes medios para modelar y analizar decisiones complejas e incorporar herramientas sofisticadas en estos análisis. A través de las funciones de Microsoft Excel, podemos ejecutar modelos de simulación bastante sofisticados.

Para entender la técnica de simulación, se desarrolla a continuación un ejemplo de ilustración.

COSTO UNITARIO POR m3				
Concreto Pre-mezclado Tipo I f <sub>c</sub> = 175 kg/cm <sup>2</sup> Slump 3" - 4"				\$ 93.85
METRADO (m3)	PROBABILIDAD	REPLICAS	METRADO	SIMULACION
250	0,25	1	350	\$32.847,50
300	0,25	2	250	\$23.462,50
350	0,25	3	300	\$28.155,00
400	0,25	4	300	\$28.155,00
		5	250	\$23.462,50
		6	400	\$37.540,00
		7	350	\$32.847,50
		8	400	\$37.540,00
		9	350	\$32.847,50
		10	300	\$28.155,00
		11		
		12		
		13		
		14		
		15		

**Tabla 4.22. Generación de costos teniendo una probabilidad constante (de 25%) para cuatro valores de metrado**

Hasta este momento no hemos descrito cómo generar los costos de una determinada partida en una distribución de probabilidad; simplemente hemos digitado los posibles valores del metrado para diez réplicas para visualizar los costos generados en la columna de la derecha.

Para ejecutar la simulación correctamente, cada valor en la columna de metrado debería ser escogido de manera aleatoria de la distribución de probabilidad determinada para el metrado (para este caso la distribución de probabilidad es constante, es decir los cuatro valores de metrado tienen la misma probabilidad de ocurrencia: 25%)

Nuestro próximo paso será aprender a generar el metrado de manera aleatoria y modificar la hoja de cálculo de consecuencia.

La base para generar resultados de una distribución de probabilidad se basa en el concepto de número aleatorio. Un número aleatorio es un número que está uniformemente distribuido entre 0 y 1.

En Excel podemos generar un número aleatorio dentro de cualquier celda utilizando la función:

= aleatorio ()

La función no tiene argumento, por tanto no debemos incluir nada dentro de los paréntesis. La figura siguiente muestra una tabla con cien números aleatorios generados en Excel.

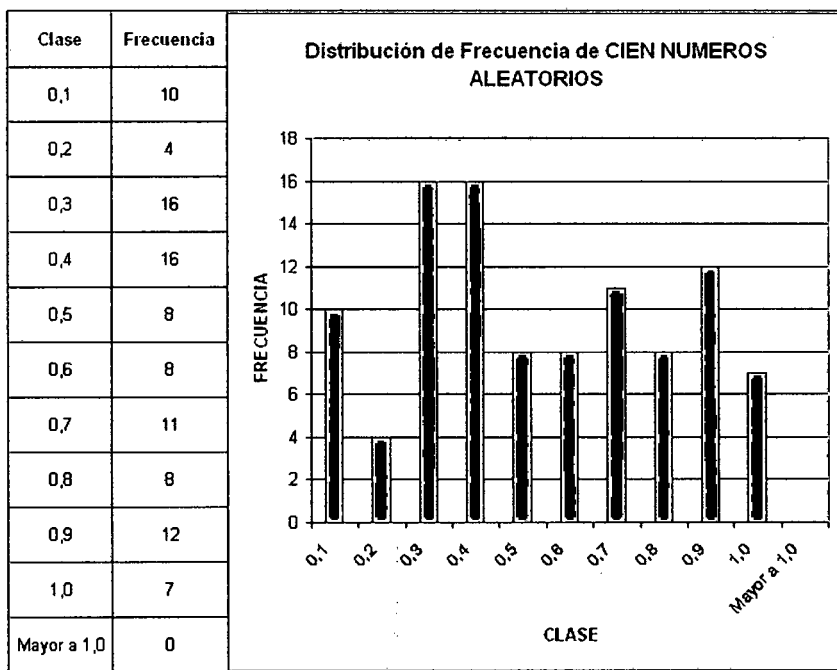
Numeros aleatorios				
0,2047820	0,5816755	0,8461445	0,1965560	0,5875159
0,5863468	0,7232924	0,6658099	0,1299524	0,4741996
0,3253610	0,5818349	0,4114743	0,3005851	0,2576280
0,3754995	0,9919002	0,6633035	0,5149439	0,4749943
0,1305747	0,5852006	0,4668628	0,2704699	0,4960667
0,0723695	0,9522275	0,0372246	0,7940493	0,5691048
0,3895503	0,9849225	0,1354767	0,7281972	0,8355545
0,1918195	0,0710010	0,5121680	0,2134308	0,3154514
0,2599839	0,5133438	0,7610360	0,3457529	0,8505511
0,4739374	0,7501757	0,6864436	0,7744066	0,6589810
0,0640687	0,4303662	0,8375766	0,0514095	0,1043676
0,2051538	0,0268191	0,6021642	0,0657957	0,3907970
0,2283049	0,3940601	0,2752347	0,2914949	0,9827045
0,3517717	0,9610757	0,9361894	0,5272876	0,7023634
0,1218598	0,9960695	0,6097404	0,4717357	0,1280925
0,2073437	0,5334064	0,7955528	0,3355245	0,3973313
0,4022855	0,0573321	0,2701714	0,5641921	0,1422613
0,3596739	0,5688616	0,0010557	0,5793985	0,4840764
0,3258808	0,6868752	0,0130323	0,2016452	0,5683525
0,0012189	0,1818602	0,2604002	0,6014961	0,5049761

Figura 4.23. Números aleatorios generados en Microsoft Excel.

El recálculo automático debe ser suprimido, para evitar cambios continuos de los números aleatorios dentro de las celdas cada vez que una celda cualquiera de la hoja de cálculo sea modificada.

El recálculo automático puede ser cambiado a **manual** con el menú Herramientas / Opciones / Cálculo. Utilizando esta opción hay que digitar la tecla F9 para recalcular.

La figura 4.7 es una distribución de frecuencia de los 100 números aleatorios de la figura 4.6 generando el Histograma del Análisis de Datos de Excel.



**Figura 4.10. Histograma de frecuencia de cien números generados aleatoriamente.**

Dos propiedades de las distribuciones discretas que nos permiten usar los números aleatorios para generar una muestra son:

- La probabilidad de una muestra está siempre entre 0 y 1.
- La suma de las probabilidades de la muestra es 1.

Por tanto podemos dividir el rango de 0 a 1 en intervalos que corresponden a las probabilidades de las muestras discretas. Entonces, cualquier número aleatorio debe caer dentro de uno de estos intervalos.

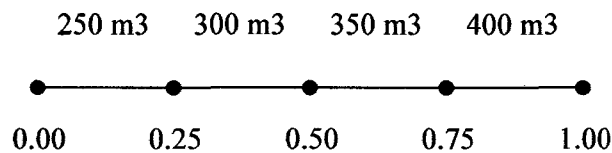
Para visualizar lo anterior de manera más clara, debemos primero construir la distribución de probabilidad acumulativa. Para el caso del metrado de concreto a utilizar durante la construcción del Proyecto

"Malecón Balta" tenemos la siguiente distribución acumulativa de probabilidad de ocurrencia:

x	p (x)	P (x)
250 m <sup>3</sup>	1/4	1/4 (0.25)
300 m <sup>3</sup>	1/4	2/4 (0.50)
350 m <sup>3</sup>	1/4	3/4 (0.75)
400 m <sup>3</sup>	1/4	4/4 (1.00)

**Tabla 4.24. Distribución acumulativa de probabilidades.**

La distribución acumulativa divide el rango de 0 a 1 en intervalos iguales a las probabilidades (cada una de 0.25) de los resultados asociados (metrado de concreto), como el mostrado en la siguiente figura.



**Figura 4.25. Esquema de distribución acumulativa para cuatro valores de metrado.**

Para generar una muestra de esta distribución es suficiente seleccionar un número aleatorio y determinar el intervalo donde cae dicho valor.

Por ejemplo en la figura 4.23 el primer número aleatorio es 0.2047820. Por tanto dicho valor se encuentra comprendido en el rango entre 0.00 y 0.25, generando una muestra de 250 m<sup>3</sup>. El segundo número es 0.5863468 el cual se encuentra comprendido en el rango entre 0.50 y 0.75, generando una muestra de 350 m<sup>3</sup>.

Por lo tanto para generar una muestra, seleccionamos un número aleatorio, determinamos el rango donde cae dicho valor aleatorio y

seleccionamos el valor correspondiente.

Para generar muestras, a través de Excel, utilizamos la función:

**BUSCARV (valor,tabla,columna)**

El procedimiento para generar muestras es ilustrado en la tabla 4.26. Primero generamos los números aleatorios en la columna A de la fila 9 hasta la fila 13 con la fórmula = ALEATORIO (). En la columna B desde 9 hasta 13, generamos los valores correspondientes a los números aleatorios, utilizando la fórmula = BUSCARV ().

	A	B	C
1	Rango de Números Aleatorios		metrado (m3)
2	0,00	0,25	250
3	0,25	0,50	300
4	0,50	0,75	350
5	0,75	1,00	400
6			
7	Número		
8	Aleatorio	Muestra	
9	0,445916	300	
10	0,088346	250	
11	0,438526	300	
12	0,975945	400	
13	0,970903	400	

	A	B
7	Número	
8	Aleatorio	Muestra
9	=ALEATORIO()	=BUSCARV(A9,\$A\$2:\$C\$5,3)
10	=ALEATORIO()	=BUSCARV(A10,\$A\$2:\$C\$5,3)
11	=ALEATORIO()	=BUSCARV(A11,\$A\$2:\$C\$5,3)
12	=ALEATORIO()	=BUSCARV(A12,\$A\$2:\$C\$5,3)
13	=ALEATORIO()	=BUSCARV(A13,\$A\$2:\$C\$5,3)

**Tabla 4.26. Generación de muestras utilizando números aleatorios en Microsoft Excel**

A continuación se presenta la hoja de cálculo de la partida Excavaciones donde se han puesto en práctica todas las hipótesis y las funciones de Excel anteriores para el análisis cuantitativo del riesgo del costo de dicha partida. Se muestra solamente las 20 primeras iteraciones, sin embargo nuestro modelo de simulación está conformado por 1,000 iteraciones (una muestra de mil valores para el costo probable de dicha partida).

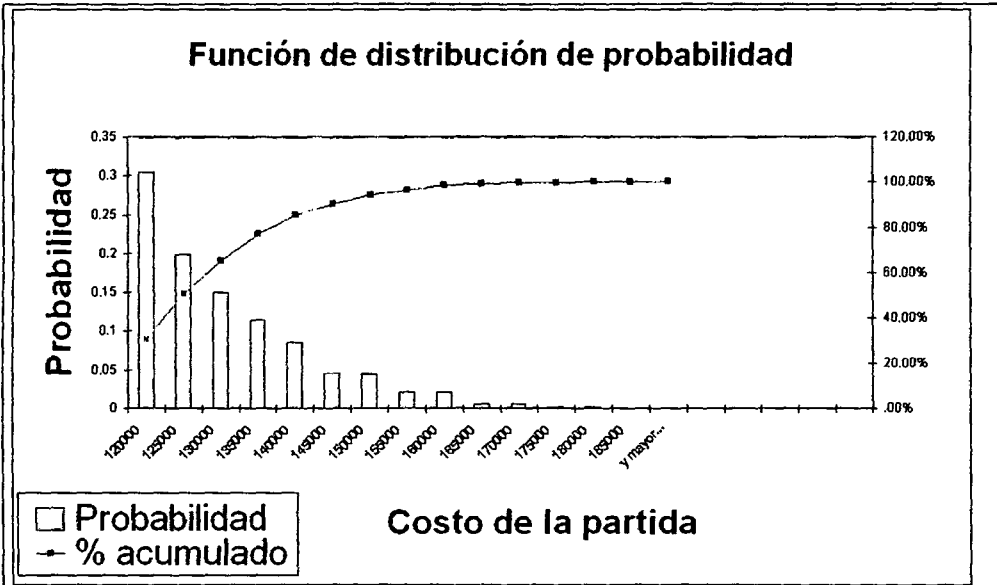
Teniendo una muestra de mil posibles valores de costo para cada una de las partidas del proyecto se realiza la sumatoria de todos estos valores generando una muestra de mil valores para el costo de ejecución final. A continuación se muestra la hoja de cálculo en Excel



con las 36 primeras iteraciones en el costo de ejecución total.

A continuación también se presenta la hoja de cálculo del proceso constructivo Estructuras de Piso donde se han puesto en práctica todas las hipótesis y las funciones de Excel anteriores para el análisis cuantitativo del riesgo del tiempo de ejecución de dicha actividad. Se muestra solamente las 20 primeras iteraciones, sin embargo nuestro modelo de simulación está conformado por 1,000 iteraciones (una muestra de mil valores para la duración probable de dicha actividad).

Teniendo una muestra de mil posibles valores de duración para cada uno de los procesos constructivos del proyecto se realiza la sumatoria de todos estos valores generando una muestra de mil valores para la duración total del proyecto. A continuación se muestra la hoja de cálculo en Excel con las primeras iteraciones del tiempo de ejecución final.



Probabilidad	RANGO		COSTO
0.3063	0.0000	0.3063	120000
0.2144	0.3063	0.5207	125000
0.1378	0.5207	0.6585	130000
0.1072	0.6585	0.7657	135000
0.0827	0.7657	0.8484	140000
0.0551	0.8484	0.9035	145000
0.0398	0.9035	0.9433	150000
0.0245	0.9433	0.9678	155000
0.0123	0.9678	0.9801	160000
0.0092	0.9801	0.9893	165000
0.0061	0.9893	0.9954	170000
0.0031	0.9954	0.9985	175000
0.0015	0.9985	1.0000	180000
0.0000	1.0000	1.0000	185000

Clase	Frecuencia	% acumulado
120000	305	30.50%
125000	199	50.40%
130000	150	65.40%
135000	115	76.90%
140000	85	85.40%
145000	46	90.00%
150000	44	94.40%
155000	21	96.50%
160000	21	98.60%
165000	5	99.10%
170000	5	99.60%
175000	2	99.80%
180000	2	100.00%
185000	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%

**ALEATORIO MUESTRA**

0.634378	130000.00
0.757946	135000.00
0.307488	125000.00
0.576826	130000.00
0.510927	125000.00
0.967942	160000.00
0.485494	125000.00
0.954568	155000.00
0.185808	120000.00
0.399353	125000.00
0.276390	120000.00
0.529243	130000.00
0.111070	120000.00
0.296130	120000.00
0.316884	125000.00
0.281440	120000.00
0.698319	135000.00
0.249110	120000.00
0.940201	150000.00
0.074041	120000.00

*Columna1*

Media	131735
Error típico	383.0946835
Mediana	130000
Moda	120000
Desviación estándar	12114.51759
Varianza de la muestra	146761536.5
Curtois	1.286088373
Coefficiente de asimetría	1.244078626
Rango	60000
Mínimo	120000
Máximo	180000
Suma	131736000
Cuenta	1000

**Gráfico 4.2. Simulación del costo directo de la partida Excavaciones.**

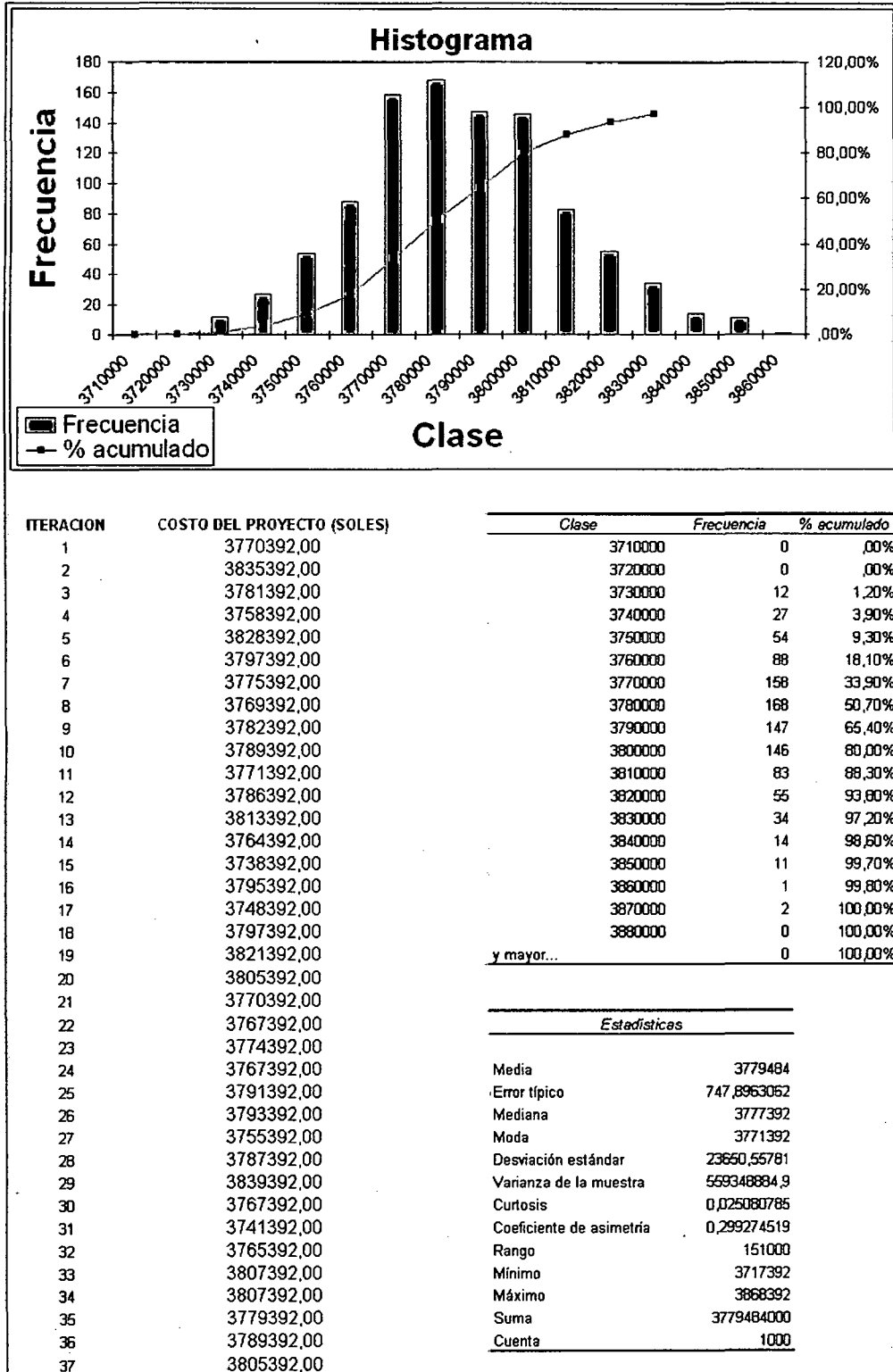
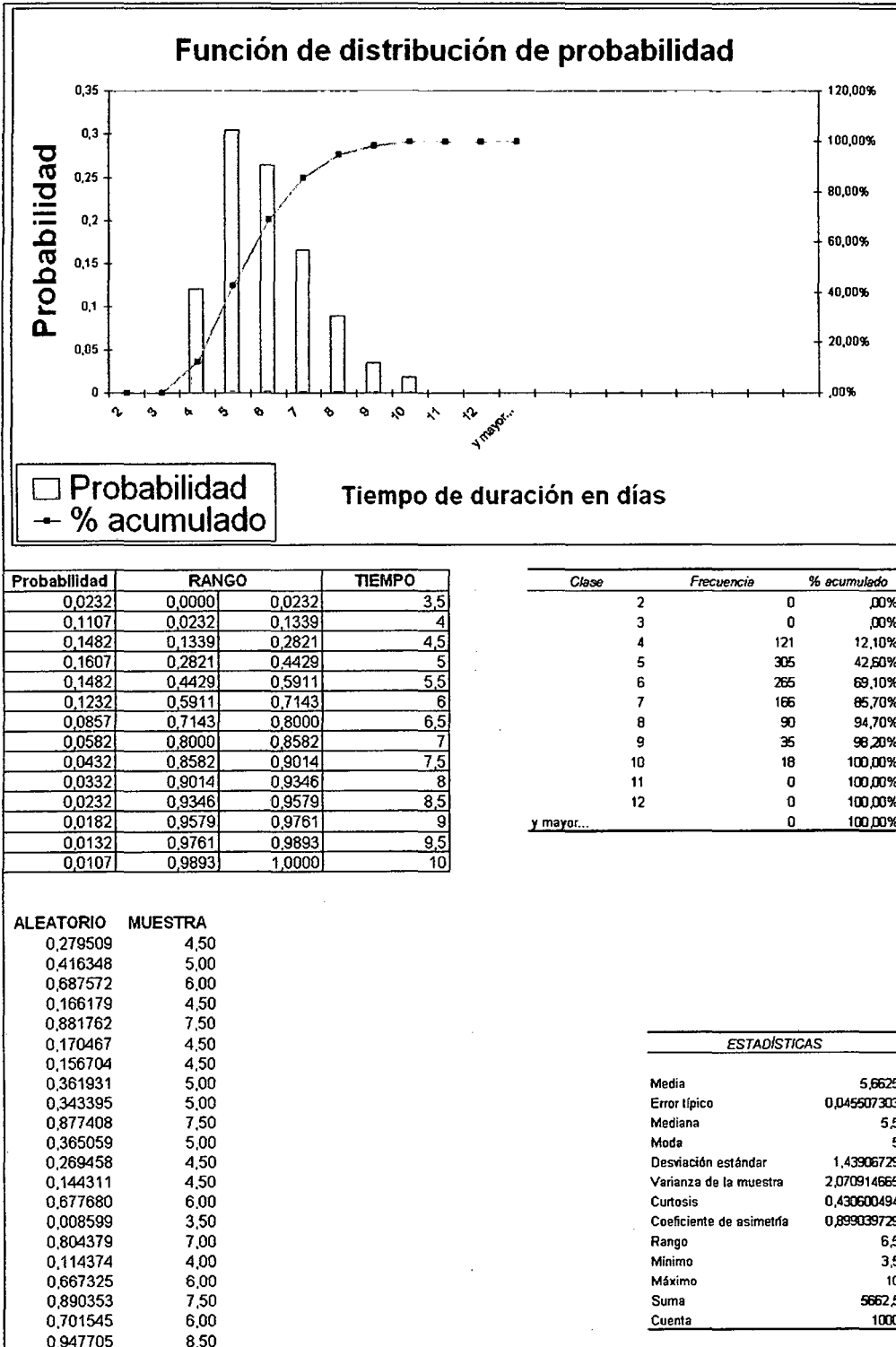


Gráfico 4.3. Simulación del costo directo del proyecto "Malecón Balta".



**Gráfico 4.4. Simulación de la duración de la partida Estructuras de piso.**

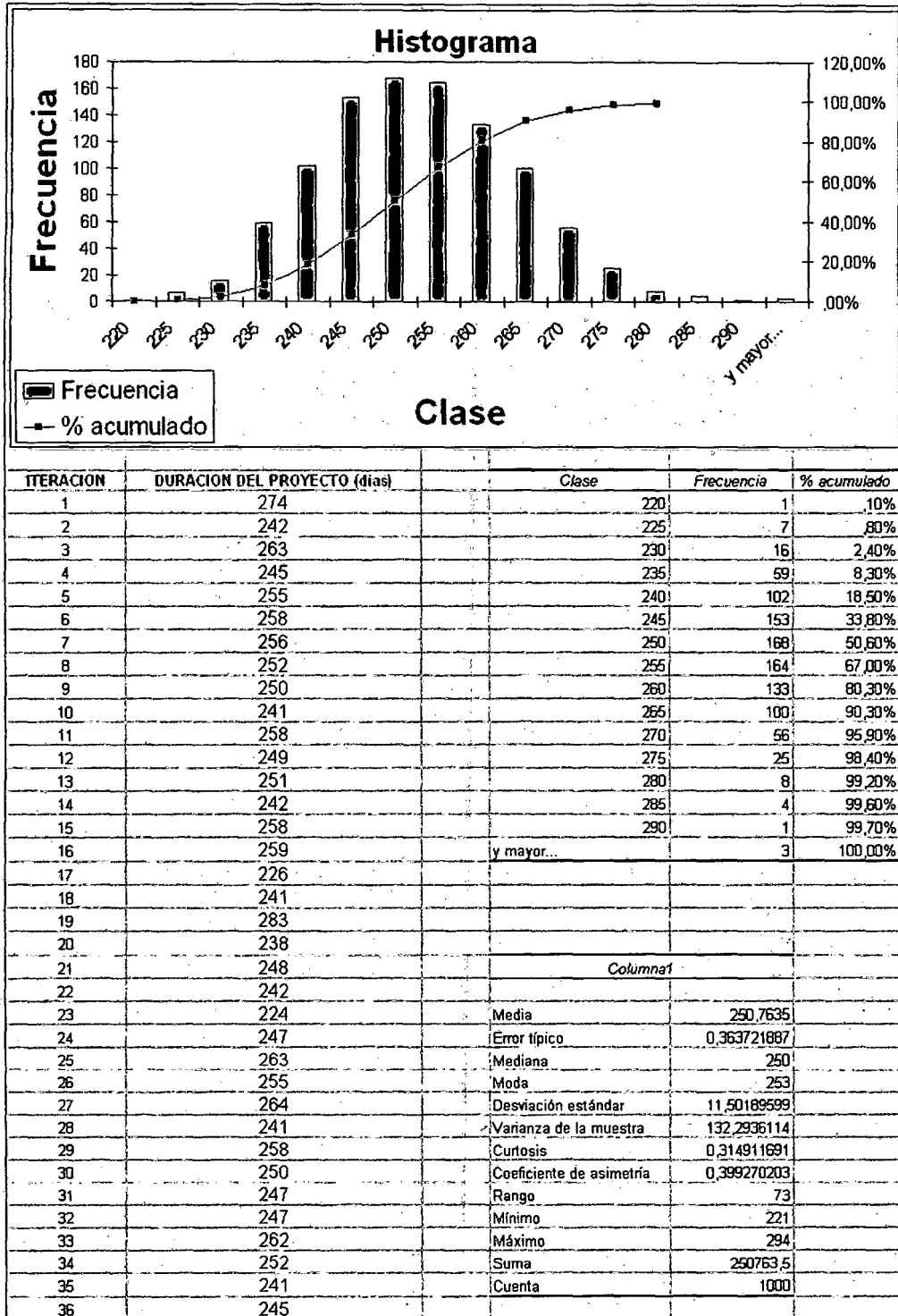


Gráfico 4.5. Simulación de la duración total del proyecto "Malecón Balta".

4.3) Resultados de la simulación con el software de gestión de riesgos

- Tanto la curva probabilística del costo directo del proyecto como la curva probabilística del tiempo de ejecución se asemejan a una curva de distribución normal. Por tanto podemos concluir que el Teorema del Límite Central se cumple para nuestras dos simulaciones. Dicho teorema dice "si tenemos un grupo numeroso de variables independientes y todas ellas siguen el mismo modelo de distribución (cualquiera que éste sea), la suma de ellas se distribuye según una distribución normal". Este teorema se aplica tanto a la suma de variables discretas, como variables continuas. Nuestras distribuciones son variables discretas.
- Los valores obtenidos por la simulación fueron muy cercanos a los valores reales de ejecución del proyecto. A continuación se muestra una tabla con los tres valores: el valor obtenido con la simulación, el valor estimado previamente y finalmente el valor real de ejecución del proyecto.

CASOS	VALOR OBTENIDO CON LA SIMULACION DE MONTE CARLO	VALOR ESTIMADO PREVIAMENTE (presupuesto y programación)	VALOR REAL DE EJECUCION DE OBRA
COSTO DIRECTO	S/. 3'771,392.00	S/. 3'729,161.78	S/. 3'774,989.56
TIEMPO DE DURACION	253 días útiles	236 días útiles	248 días útiles

**Tabla 4.27. Comparación final de resultados.**

- Los valores de oportunidad y amenaza obtenidos tanto para calificar las probabilidades de ocurrencia de los costos y tiempos de duración del proyecto se acercaron bastante a la realidad, comparando los valores estimados previos a la ejecución del proyecto con los valores reales obtenidos al final del mismo.
- Los valores de costo directo del presupuesto y el tiempo de ejecución estimado según la programación no coinciden con los valores de la simulación. Para ambos casos (costo estimado y tiempo proyectado) los

valores obtenidos por la simulación son mayores que las estimaciones previas. Terminado el proyecto y teniendo valores reales, tanto del costo directo del proyecto como de su tiempo de ejecución, podemos concluir que la suma de los valores modales previos no me dan como resultado el valor más probable, esto debido a la tendencia de los costos y el tiempo de ejecución de incrementarse debido a diversos eventos negativos que pueden generar un incremento en sus valores. Esta puede ser una de las razones por las cuales los presupuesto no suelen cumplirse y las programaciones suelen extenderse más del tiempo necesario, ya que cuando obtenemos el valor del presupuesto o el valor de duración de la programación del proyecto lo que hacemos es sumar los valores más probables (valores de moda o valores modales) sin tomar en cuenta los incrementos notables que pueden sufrir estos valores en caso de ocurrencia de eventos negativos.

- Debido a los resultados de la simulación del tiempo, donde el valor más probable para su duración total (tiempo modal) es de 253 días útiles, se decidió planificar la entrega de los departamentos totalmente terminados para el 26 de Agosto (253 días útiles ó 298 días calendario contados a partir del inicio de la obra: 4 de Noviembre). La programación convencional de ejecución de obras tiene una duración de 236 días útiles, sin embargo debido a los resultados de la simulación, hemos obtenido que el valor más probable para la duración total del proyecto es de 253 días, es decir 17 días útiles más que lo programado convencionalmente. Esto quiere decir que nuestro amortiguador de tiempo tiene una longitud de 17 días útiles o del 8% del tiempo de ejecución inicial.
- Con respecto al incremento probable del costo del proyecto, según el análisis de la Simulación de Monte Carlo (Gráfico 4.3), existe una probabilidad del 95% de obtener un costo directo menor a S/. 3'823,529.41. Con este valor no estaríamos obteniendo pérdidas por la ejecución del proyecto, pero sin embargo la rentabilidad del mismo se reduciría de una manera importante desde un 7% estimado a un 4%. Sin embargo este 95% de probabilidad de obtener un costo directo igual o menor a S/. 3'823,529.41 prácticamente nos estaría asegurando que como mínimo las

utilidades del proyecto ascenderían a un 4% en caso de tener un escenario muy pesimista.

COSTO DIRECTO DEL PROYECTO	PROBABILIDAD DE OBTENER UN COSTO MENOR
S/. 3'820,000	93,80%
S/. 3'830,000	97,20%

**Tabla 4.28. Datos para obtener un costo probable.**

### Proceso de interpolación

Diferencia de costos: S/. 10,000.00 (diez mil soles)

Diferencia de probabilidades: 97.20% - 93.80% = 3.40%

0.10% de probabilidad corresponde a S/. 2,941.18

95.00% - 93.80% = 1.20%

1.2% = S/. 3,529.41

El costo correspondiente al 95%

= S/. 3'820,000 + S/. 3,529.41 = S/. 3'823,529.41



#### IV) CONCLUSIONES

- La simulación probabilística del costo directo arrojaba un posible incremento del 1.1% del costo directo del proyecto de construcción, lo que al final de la obra se determinó que el verdadero incremento del costo directo fue de 1.3%. Asimismo las actividades que generaron un sobre costo importante fueron las actividades que formaron parte de la simulación. Todos estos resultados pueden observarse en el Anexo A2 del presente trabajo de investigación. Esto quiere decir que el análisis cuantitativo de riesgo y el modelo de simulación arrojaron valores bastante precisos sobre el futuro desempeño del proyecto.
- La simulación del futuro tiempo de ejecución de la obra, basada en los resultados del análisis cuantitativo de riesgos en cuanto al cumplimiento del cronograma de ejecución, nos permitió el correcto dimensionamiento del Amortiguador del Proyecto (de una protección de 17 días útiles o 7% del tiempo de duración total del proyecto), colocado al final de la ruta crítica de la programación. Al culminar el proyecto, se tuvo un retraso real de 12 días útiles, lo que se podría considerar una buena aproximación de nuestra simulación que había calculado un retraso de 17 días útiles.
- Las tablas y valores numéricos recomendados por el Instituto de Dirección de Proyectos (PMI) nos permiten evaluar cualitativa y cuantitativamente el riesgo y analizar nuestras decisiones antes de tomarlas y de esta manera contamos con un indicador acerca de cuál es la opción más conveniente y deshechar ciertas decisiones que podrían inducir un riesgo inaceptable en nuestro presupuesto o nuestro cronograma de avance de obra.
- El control semanal de los costos unitarios reales de la ejecución de obra se volvió una de las herramientas de trabajo indispensables en el presente proyecto de construcción. Los datos de los costos reales por partida generados en obra son sumamente útiles para la toma de decisiones

dentro de la empresa AyG Edificaciones, tanto en el proyecto actual como también para la planificación de futuros proyectos. Este tipo de información nos lleva a que se concentre nuestra atención en las áreas potenciales de reducción de costos (las partidas que están generando pérdidas en el proyecto), con la finalidad de aprovechar aquellos riesgos positivos que son favorables a los objetivos del proyecto.

- Una metodología de gestión de riesgos en proyectos de construcción, así como las herramientas antes mencionadas, que fueron aplicadas y adaptadas a las necesidades del proyecto de construcción del edificio multifamiliar "Malecón Balta", nos permite enfocarnos en las actividades más importantes del proyecto y tener, por un lado, una estrategia de control para mitigar los eventos desfavorables y por otra, una estrategia de optimización para aprovechar los eventos favorables dentro de nuestros proyectos de construcción. Entre las innumerables actividades a realizar dentro de cualquier proyecto de construcción, lo que se consigue a través de una cultura de gestión de riesgos, es que el equipo del proyecto pueda concentrar sus esfuerzos en aquellas actividades críticas que determinarán el éxito o el fracaso del mismo. Es por ello fundamental la aplicación de los cinco procesos de gestión de los riesgos en construcción: Planificación, Identificación, Análisis (cualitativo y cuantitativo), Respuesta y Supervisión o Control.
- La Guía a los Fundamentos de la Dirección de Proyectos (PMBOK Guide) sugiere que los riesgos desconocidos no pueden ser administrados, por lo que la importancia de administrar los riesgos en forma exitosa y efectiva requiere entender con claridad el riesgo y todos sus elementos. La estructuración de los riesgos del proyecto y su respectiva calificación y cuantificación nos permitió realizar un análisis más profundo de los mismos y por lo tanto tomar las mejores decisiones para el desempeño del equipo del proyecto.
- La propuesta de la Estructura de Descomposición de Riesgos (RBS: Risk Breakdown Structure) se fortalece por su similitud a la estructura del WBS.

Ya el WBS ha logrado un alto impacto en el entendimiento de todo el alcance que debemos cumplir en el proyecto "Malecón Balta". Así el RBS logró que el equipo del proyecto pueda alcanzar el entendimiento de todos los riesgos que enfrentaba el proyecto de construcción en estudio. El presente trabajo de investigación presenta los riesgos más comunes en la construcción de edificaciones en el Perú, sin embargo, dependiendo de las condiciones del entorno y del tipo de proyecto a ejecutar, dichos riesgos pueden enriquecerse y formar parte de un todo más completo aplicable a cualquier tipo de proyecto de construcción en nuestro país.

- Con una correcta aplicación de la metodología de gestión de riesgos se logró mantener dentro de un rango aceptable los rendimientos de la mayoría de cuadrillas de construcción. Esto quiere decir que un proceso de gestión de riesgos eficiente reduce la variabilidad y las pérdidas en la utilización de la mano de obra de los proyectos de construcción. El hecho de predecir ciertos problemas con anticipación, como pedir los materiales e insumos de construcción con dos semanas de anticipación a su utilización en obra, una constante coordinación con los subcontratistas y proveedores de insumos de construcción, controlar los rendimientos diarios de todas las cuadrillas y tener un manejo aceptable con el Sindicato de Trabajadores de Balnearios del Sur, con las poblaciones locales que también forman parte del personal que llevará a cabo la construcción y con los representantes de los trabajadores de la empresa que ya vienen laborando continuamente en todos los proyectos de construcción que lleva a cabo AyG Edificaciones, fueron algunas de las medidas que ayudaron a mantener la productividad de la mano de obra en el proyecto de construcción.
- Las Curvas de Valor Ganado se convierten en una herramienta fundamental para el Control de Riesgos, tanto para los costos como para el tiempo de ejecución de nuestro proyecto, ya que nos permite realizar un monitoreo de cómo se está ejecutando la obra y por tanto, tomar medidas para contrarrestar los efectos negativos o en caso contrario optimizar las oportunidades que se nos puedan presentar. Además las Curvas de Valor Ganado nos permiten determinar el futuro desempeño del proyecto y por lo tanto, predecir el tiempo de duración y el costo final de la obra con mucho

tiempo de ventaja, para llevar a cabo las acciones correctivas o de mejora si es que detectamos errores durante la ejecución de la obra. Es importante destacar que realizar el Análisis del valor ganado para cada una de las partidas de nuestro proyecto nos permite identificar los procesos en los cuales se deben realizar mejoras en plena ejecución de la obra. Es por eso tan importante el control de costos por proceso, como una importante herramienta de la gestión de riesgos de todo proyecto de construcción.

## V) RECOMENDACIONES

- Este modelo de gestión de riesgos que constituye un primer nivel de investigación de amenazas y oportunidades, presentado en el presente trabajo de análisis, puede ser ampliado si logramos profundizar el modelo para interrelacionar las fuentes y eventos de riesgos en la construcción con actividades y recursos y en el siguiente nivel con otros procesos de la gestión de proyectos. Futuras investigaciones adicionales en la gestión de riesgos en proyectos de construcción son necesarias para adicionar nuevos conocimientos y nuevos eventos de riesgos, más probables en otros tipos de proyectos de construcción, como en el campo de construcción de carreteras, presas, saneamiento, electrificación, puentes, instalaciones industriales, centros comerciales, túneles, montajes electromecánicos, refinerías, proyectos hidroeléctricos, etc, donde debido a las características especiales de la infraestructura a construir, los eventos de riesgos tienen un impacto y un tratamiento diferente al manejado en el campo de la construcción de edificaciones urbanas en nuestro país.
- Se requiere de una constante actualización de las herramientas promovidas por el Instituto de Dirección de Proyectos (PMI) para la correcta administración de los proyectos de construcción. Si bien la Guía de los Fundamentos de la Gerencia de Proyectos (PMBOK Guide) aporta una serie de conocimientos y prácticas exitosas aplicables a cualquier tipo de proyecto, debemos entender que cada proyecto, según las características de sus operaciones, necesita de herramientas específicas dirigidas a optimizar la ejecución de sus trabajos, herramientas propias e inherentes de cada tipo de proyecto que no se encuentran en la Guía del PMBOK. Para el caso de los proyectos de construcción, herramientas como el Ultimo Planificador (Last Planner), la Planificación Anticipada de Recursos (Look Ahead Planning), procedimientos escritos de cada proceso constructivo, la planificación maestra de obra, programación de recursos y mano de obra mediante trenes de trabajo, el diseño y planificación global mediante el cronograma del proyecto mediante ciclogramas de avance,

utilización de amortiguadores de tiempo y de recursos, etc, representan algunas de las herramientas propias de los proyectos de construcción y por lo tanto no contenidas en la Guía de los Fundamentos de la Gerencia de Proyectos. Es un error pensar que la Guía del PMBOK contiene todo el conocimiento para la gerencia de todos los proyectos, cuando muy claramente dentro de la Introducción de la Guía se explica el propósito, las limitaciones y los alcances de las herramientas difundidas por el PMI.

- Es fundamental encarar el problema de la competitividad de la empresa peruana con enfoques profesionales y con la aplicación de una serie de herramientas de aumento de la productividad y manejo de los riesgos en la construcción (algunas de estas herramientas necesarias han sido propuestas en el presente trabajo) y, paralelamente controlar que las condiciones de competencia sean parejas, mediante nuestra contribución activa al destierro de los usos y abusos de prácticas informales y muy dañinas en nuestro medio, como que el control de la producción de ciertas obras en nuestro país sea trabajo exclusivo de los maestros de obra que no tienen nociones de las características de los presupuestos ni de la generación de costos y utilidades a través del trabajo manual. La planificación y control profesional de las operaciones de construcción, que deberían estar a cargo de ingenieros civiles, es una de las máximas que se deben estandarizar en todas empresas constructoras nacionales.

## VI) BIBLIOGRAFIA

- (1) "Teoría General del Proyecto"  
Manuel de Cos Castillo  
Editorial SINTESIS SA, Madrid. Año 1999.
- (2) "A Guide to the Project Management Body of Knowledge"  
Project Management Institute  
PMBOK Guide. Edición 2000.
- (3) "An exploration towards a production theory and its application to construction"  
Lauri Koskela  
VTT Technical Research Center of Finland, Espoo. Año 2000.
- (4) "Principios esenciales para realizar proyectos: Un enfoque latino"  
Luis Enrique Palacios  
Universidad Católica Andrés Bello, Caracas. Segunda edición. Año 2000.
- (5) "Probabilidad y estadística para ingenieros"  
Irwin Miller, John Freund y Richard Johnson  
Prentice Hall Hispanoamericana. Cuarta Edición. Año 1987.
- (6) "Dirección Integrada de Proyecto. DIP. Project Management"  
Rafael de Heredia  
Universidad Politécnica de Madrid. Tercera Edición. Año 1999.
- (7) "Administración Profesional de Proyectos"  
Yamal Chamoun  
IAN Ediciones. Primera Edición. Año 2002.
- (8) "Construction Extension to a Guide to the Project Management Body of

- Knowledge”  
2003 Project Management Institute  
PMBOK Guide. Edición 2003.
- (9) “Administración de proyectos civiles”  
Mario Campero y Luis Fernando Alarcón  
Ediciones Universidad Católica de Chile. Primera Edición.
- (10) "Universal Risk Project Final Report"  
The Risk Management Research and Development Program  
Risk Management Special Interest Group. Año 2002.
- (11) “Critical Chain or Critical Path or both?”  
Tammo Wilkens  
PWS Publishing. Año 1999.
- (12) "The Goal"  
Eliyahu Goldratt  
North River Press. Edición 1984.
- (13) "Critical Chain"  
Eliyahu Goldratt  
North River Press. Edición 1999.

**Publicaciones diversas en revistas especializadas  
y congresos nacionales e internacionales**

- (14) “Planificación de operaciones en proyectos de construcción de edificaciones de altura”.  
Willy Vílchez Chumán y Willy Vílchez Maradiegue  
XV Congreso Nacional de Ingeniería Civil. Ayacucho. Octubre 2005.
- (15) “Gerencia de proyectos de construcción usando la Cadena Crítica de la



- Teoría de Restricciones. Caso aplicativo.”  
Willy Vilchez Chumán y Alan Velásquez Bermeo  
VII Congreso Nacional de Estudiantes de Ingeniería Civil. Arequipa.  
Agosto 2004.
- (16) “The Theory of Project Management: Explanation to Novel Methods”  
Lauri Koskela y Greg Howell  
X Congreso del Grupo Internacional para la Construcción Lean. IGCL 10.  
Agosto 2002, Gramado, Brazil.
- (17) “Riesgos en un proyecto de construcción”  
Guillermo Moray  
Tercer Congreso Iberoamericano de Dirección de Proyectos. Venezuela.  
Julio 2002
- (18) "Use a Risk Breakdown Structure (RBS) to Understand Your Risks"  
David Hillson  
Proceedings of the Project Management Institute Annual Seminars &  
Symposium. October 3-10, 2002. San Antonio, Texas, USA.
- (19) “Una clara ventaja”  
Masood Tayebi  
Traducción de un artículo del PM Network. Abril 2004.
- (20) “La Dirección de Riesgos. Factor crítico de éxito”  
José Iborra Valero  
Tercer Congreso Iberoamericano de Dirección de Proyectos. Venezuela.  
Julio 2002
- (21) “Manejo de Riesgos en plazos”  
Claudio Arfeli, Marcelo Veraza, Osvaldo Ucha  
Tercer Congreso Iberoamericano de Dirección de Proyectos. Venezuela.  
Julio 2002

- (22) "Factores cruciales para el manejo del riesgo en ejecución de proyectos"  
Medardo José Mora Díaz  
Tercer Congreso Iberoamericano de Dirección de Proyectos. Venezuela.  
Julio 2002
- (23) "Lecciones aprendidas de Dirección IPC en Iberoamérica"  
Juan Carlos Gil  
Tercer Congreso Iberoamericano de Dirección de Proyectos. Venezuela.  
Julio 2002
- (24) "Modelo de Integración de procesos de Gestión de Riesgos usando el WBS y el RBS"  
Víctor Villar  
Cuarto Congreso Iberoamericano de Dirección de Proyectos. Brasil.  
Noviembre 2003
- (25) "Gerencia de riesgos en proyectos de construcción"  
José Félix Valdez Torero  
Revista CAPECO. Año 2004.
- (26) "PMBOK Guide Third Edition Exposure Draft"  
PMBOK® Guide 2004 Update Project Team  
Project Management Institute. Noviembre 2003
- (27) "Adaptación y aplicación de las técnicas de gestión de la industria de producción manufacturera en la industria de la construcción en el Perú"  
Willy Vílchez Chumán  
I Congreso Trasandino de Estudiantes de Ingeniería Civil. Tacna.  
Setiembre 2005.

## VII) Anexos

Contiene:

- A1. PRESUPUESTO DEL COSTO DIRECTO DEL PROYECTO
- A2. ANALISIS DE LOS COSTOS ESTIMADOS Y EL COSTO REAL DEL PROYECTO DE CONSTRUCCION "MALECON BALTA"
- A3. PROGRAMACION DE OBRA
- A4. CURVAS DE DISTRIBUCIÓN DEL COSTO DE TODAS LAS PARTIDAS SIMULADAS
- A5. CURVAS DE DISTRIBUCION DEL TIEMPO DE TODAS LAS ACTIVIDADES SIMULADAS
- A6. CURVA DE DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DEL COSTO DIRECTO DEL PROYECTO
- A7. CURVA DE DISTRIBUCION DEL TIEMPO DE EJECUCION DEL PROYECTO

## A1. PRESUPUESTO DEL COSTO DIRECTO DEL PROYECTO

## ANEXO A1. PRESUPUESTO POR ESPECIALIDAD. PROYECTO DE CONSTRUCCION "MALECON BALTA".

## 01 ESTRUCTURAS

Item	Descripción	Und.	Metrado	Costo Unitario	Costo Total en Soles
01.01	<b>OBRAS PROVISIONALES</b>				
01.01.01	ALMACEN, OFICINAS, CASETA	GLB	1.00	6,560.60	6,560.60
01.01.02	S.S.H.H. (TIPO DISAL)	MES	10.00	487.07	4,870.75
01.01.03	TRANSPORTE DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	VJE	1.00	884.63	884.63
01.02	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>				
01.02.01	TRAZADO PRELIMINAR	m2	607.00	2.30	1,393.80
01.02.02	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO DURANTE LA OBRA	m2	5,300.00	2.59	13,750.41
01.02.03	GUARDIANA	MES	10.00	1,590.45	15,904.47
01.02.05	TRANSPORTE VERTICAL	mes	10.00	5,343.90	53,439.03
01.03	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				
01.03.01	EXCAVACION DE ZANJA MANUAL	m3	1,844.00	16.62	30,847.60
01.03.02	EXCAVACION Y ELIMINACION MASIVA	m3	5,062.00	10.93	55,349.56
01.03.03	EXCAVACION DE CISTERNAS	m3	150.00	19.12	2,867.28
01.03.04	NIVELACION INTERIOR Y COMPACTACION	m2	410.00	1.00	411.63
01.03.05	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	m3	272.00	8.32	2,263.05
01.03.06	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	2,360.00	8.15	19,236.46
01.03.07	ELIMINACION DE DESMONTE CON MAQUINA	m3	2,360.00	11.43	26,977.96
01.03.08	MUROS PANTALLA	GLB	1.00	150,582.57	150,582.57
01.04	<b>CONCRETO SIMPLE</b>				
01.04.01	ENCOFRADO DE CALZADURAS	m2	30.00	19.62	588.66
01.04.02	CONCRETO PARA CALZADURAS 1:10	m3	15.00	101.69	1,525.34
01.05	<b>CONCRETO ARMADO</b>				
01.05.01	<b>ZAPATAS</b>				
01.05.01.01	SOLADO DE CONCRETO DE 2' DE 1:12 CEM/HOR	m2	162.00	9.19	1,497.84
01.05.01.02	CONCRETO PREMEZCLADO ZAPATAS f <sub>c</sub> =210 KG/CM2	m3	6.00	278.08	1,674.50
01.05.01.03	CONCRETO PRE-MEZCLADO 280 kg/cm2	m3	194.00	298.27	57,864.10
01.05.01.04	ACERO EN ZAPATAS	kg	6,315.00	3.18	20,087.35
01.05.02	<b>VIGAS DE CIMENTACION</b>				
01.05.02.01	CONCRETO PREMEZCLADO VC f <sub>c</sub> =280 KG/CM2	m3	50.00	300.54	15,027.24
01.05.02.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN VIGA CIMENT.	m2	333.00	19.04	6,338.88
01.05.02.03	ACERO EN VIGA DE CIMENTACION	kg	7,980.00	3.18	25,383.54
01.05.03	<b>MUROS DE CONTENCIÓN</b>				
01.05.03.01	CONCRETO EN MURO CONT f <sub>c</sub> =280 KG/CM2	m3	278.00	300.25	83,468.57
01.05.03.02	CONCRETO EN MURO CONT. f <sub>c</sub> =210 KG/CM2	m3	11.00	261.00	2,871.03
01.05.03.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN MURO DE CONT.	m2	1,817.00	22.82	41,468.25
01.05.03.04	ACERO EN MURO DE CONT.	kg	20,656.00	3.24	66,936.52
01.05.04	<b>COLUMNAS</b>				
01.05.04.01	CONCRETO PREMEZCLADO COLUMNAS f <sub>c</sub> =280 kg/cm2	m3	109.00	301.35	32,847.15
01.05.04.02	CONCRETO PREMEZCLADO PARA COLUMNAS f <sub>c</sub> = 210 kg/cm2	m3	94.00	264.00	24,816.41
01.05.04.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN COLUMNAS	m2	1,505.00	14.21	21,393.01
01.05.04.04	ACERO f <sub>y</sub> =4200 kg/cm2 GRADO 60 en COLUMNAS	kg	55,138.00	3.24	178,876.71
01.05.05	<b>PLACAS</b>				
01.05.05.01	CONCRETO PREMEZCLADO PLACAS f <sub>c</sub> =280 kg/cm2	m3	194.00	301.35	58,461.91
01.05.05.02	CONCRETO PREMEZCLADO PLACAS f <sub>c</sub> =210 KG/CM2	m3	226.00	264.00	59,664.88
01.05.05.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN PLACA	m2	4,176.00	14.21	59,380.27
01.05.05.04	ACERO EN PLACAS	kg	47,552.00	3.24	154,094.00
01.05.06	<b>VIGAS</b>				
01.05.06.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN VIGAS	m2	2,265.00	46.52	105,369.13
01.05.06.02	CONCRETO PREMEZCLADO C/BOMBA PARA VIGAS f <sub>c</sub> =210 kg/cm2	m3	414.00	277.86	115,034.50
01.05.06.03	ACERO f <sub>y</sub> =4200 kg/cm2 GRADO 60 en VIGAS	kg	45,000.00	3.44	154,770.42
01.05.07	<b>LOSAS ALIGERADAS</b>				
01.05.07.01	CONCRETO PREMEZCLADO EN LOSA ALIGERADA f <sub>c</sub> =210 kg/cm2	m3	347.00	278.11	96,504.04
01.05.07.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN LOSAS ALIGERADAS	m2	3,984.00	19.89	78,906.67
01.05.07.03	ACERO f <sub>y</sub> =4200 kg/cm2 GRADO 60 en LOSAS ALIGERADAS	kg	24,626.00	3.24	79,801.48
01.05.07.04	LADRILLO HUECO DE ARCILLA 15X30X30 cm PARA TECHO ALIGERADO	und	31,849.00	1.38	44,143.97
01.05.08	<b>ESCALERAS</b>				
01.05.08.01	CONCRETO PREMEZCLADO ESCALERA f <sub>c</sub> =210 KG/CM2	m3	28.00	326.40	9,139.19
01.05.08.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN ESCALERAS	m2	299.00	31.70	9,478.18
01.05.08.03	ACERO f <sub>y</sub> =4200 kg/cm2 GRADO 60 en ESCALERAS	kg	1,647.00	3.44	5,684.60
01.05.09	<b>CISTERNA</b>				
01.05.09.01	SOLADO DE CONCRETO DE 2' DE 1:12 CEM/HOR	m2	60.00	9.18	551.09
01.05.09.02	CONCRETO PREMEZCLADO CISTERNA f <sub>c</sub> =210 KG/CM2	m3	14.00	326.40	4,569.59
01.05.09.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO INTERIOR EN CISTERNA SUBTERRANEA	m2	34.00	18.70	635.72
01.05.09.04	ACERO EN CISTERNA SUBTERRANEA GRADO 60	kg	515.00	3.24	1,688.88
01.05.10	<b>TANQUE ELEVADO</b>				
01.05.10.01	CONCRETO PREMEZCLADO TANQUE ELV f <sub>c</sub> =210 KG/CM2	m3	14.00	278.58	3,914.13
01.05.10.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN TANQUE ELEVADO	m2	85.00	19.98	1,698.30
01.05.10.03	ACERO EN TANQUE ELEVADO GRADO 60	kg	753.00	3.24	2,440.12
01.06	<b>TRANSPORTE INTERNO DE MATERIALES</b>				
	TRANSPORTE INTERNO DE MATERIALES	GLB	1.00	30,121.56	30,121.56
01.07	<b>LIMPIEZA DE OBRA</b>				
	LIMPIEZA DE OBRA	GLB	1.00	15,123.56	15,123.56
<b>02 ARQUITECTURA</b>				<b>1,021,297.99</b>	
02.01	<b>ALBAÑILERIA</b>				
02.01.01	MURO DE SOGA LAD. PANDERETA 1:4 CEM/ARE	m2	3,838.00	21.17	81,367.46
02.01.02	MURO DE SOGA LADRILLO KK. MORT 1:4 CEM/ARE	m2	973.00	25.02	24,344.46
02.01.03	VESTIDURA DE DERRAMES ANCHO=10 cm	m	3,337.00	7.17	23,926.29
02.01.04	ZOLAQUEO COLUMNAS Y PLACAS	m2	3,810.00	9.09	31,831.90
02.01.05	ZOLAQUEO DE VIGAS	m2	1,558.00	8.86	13,803.88
02.01.06	REVESTIMIENTO DE FONDO DE ESCALERA	m2	310.00	19.04	5,902.40
02.01.07	TARRAJE EN EXTERIORES CON CEMENTO-ARENA	m2	2,118.00	15.21	32,214.78

02.01.08	TARRAJEO EN INTERIORES ACABADO CON CEMENTO-ARENA	m2	9,577.00	9.31	89,161.87
02.01.09	FORJADO Y REVESTIMIENTO DE GRADAS Y ESCALERAS DE CEMENTO FROT	m2	288.00	23.53	6,776.64
02.01.10	TARRAJEO CON IMPERMEABILIZANTES	m2	160.00	20.67	3,307.20
02.01.11	CIELORRASOS CON MEZCLA DE CEMENTO-ARENA C/PANETEO	m2	3,964.00	16.05	63,622.20
02.01.12	ZOLAQUEO TECHO DE SOTANOS	m2	3,870.00	3.94	15,247.80
02.01.13	SARDINEL DE DUCHA	m	125.00	46.18	5,772.50
02.01.14	TARRAJEO DE CAJUELAS	und	148.00	9.31	1,377.88
02.02	<b>PISOS Y PAVIMENTOS</b>				
02.02.01	CONTRAPISO DE 48 mm	m2	3,964.00	6.12	24,256.68
02.02.02	PISO DE PARQUET 6X30	m2	1,189.00	28.56	34,243.44
02.02.03	PISO ALFOMBRA TIPO BOUQUE	m2	1,220.00	24.20	29,524.00
02.02.04	PISO DE CERAMICA CELIMA 30x30 COLOR	m2	1,000.00	41.48	41,480.00
02.02.05	PISO DE CONCRETO S/COLOREAR PULIDO	m2	50.00	17.95	897.50
02.02.06	PISO DE CERAMICA CELIMA 30x30 COLOR - HALL 1er PISO	m2	155.00	41.48	6,429.40
02.02.07	PISO FROTACHADO EN ESTACIONAMIENTO	m2	607.00	39.32	23,867.24
02.02.08	BASES DE MUEBLES DE COCINA	m	120.00	48.09	5,770.80
02.03	<b>ZOCALOS</b>				
02.03.01	ZOCALO DE CERAMICO 30x30 COLOR	m2	1,335.00	41.24	55,055.40
02.03.02	CONTRAZOCALO DE CERAMICO 10x30	m	778.00	9.86	7,651.36
02.03.03	CONTRAZOCALO CEMENTO S/COLOREAR H = 30 cm	m	120.00	6.42	770.40
02.03.04	CONTRAZOCALO DE CEDRO DE 34" X 3" RODON 34"	m	2,472.00	5.10	12,607.20
02.04	<b>PINTURA</b>				
02.04.01	PINTURA LATEX CIELO RASO	m2	3,964.00	3.92	15,538.88
02.04.02	PINTURA INTERIOR LATEX SEMIEMPASTADA VENCELATEX	m2	6,600.00	5.35	51,360.00
02.04.03	PINTURA LATEX EN MUROS EXTERIORES	m2	3,712.00	6.70	24,870.40
02.05	<b>APARATOS Y ACCESORIOS SANITARIOS</b>				
02.05.01	INODORO TOP PIECE TREBOL COLOR C/ACC.	und	38.00	337.27	12,816.26
02.05.02	INODORO SIFON JET TREBOL COLOR C/ACC	und	37.00	211.27	7,816.89
02.05.03	INODORO TANQUE BAJO BLANCO	pza	37.00	130.00	4,810.00
02.05.04	LAVATORIO MANANTIAL C/PEDESTAL	und	37.00	54.90	2,031.30
02.05.05	LAVATORIO MALIBU C/PEDESTAL	und	37.00	52.18	1,930.66
02.05.06	LAVADERO AMAZONAS TREBOL	und	37.00	112.80	4,173.60
02.05.07	LAVADERO DE COCINA DE ACERO INOXIDABLE	pza	37.00	305.00	11,285.00
02.05.08	MEZCLADORA DE DUCHA STRETTO ABS	und	37.00	140.00	5,180.00
02.05.09	MEZCLADORA DE DUCHA ITALGRIF CANCUN CROMO	und	37.00	150.00	5,550.00
02.05.10	MEZCLADORA DE DUCHA-TINA ITALGRIF CANCUN CROMO	und	37.00	160.00	5,920.00
02.05.11	MEZCL. STRETTO 4" PARA LAVATORIO	und	37.00	35.00	1,285.00
02.05.12	COLOCACION DE APARATOS SANITARIOS	pza	407.00	33.54	13,650.78
02.06	<b>VIDRIOS, CRISTALES Y SIMILARES</b>				
02.06.01	VIDRIOS BRONCE 6mm SISTEMA NOVA	p2	5,700.00	10.10	57,570.00
02.06.02	MAMPARAS DE CRISTAL TEMPLADO	p2	201.00	22.44	4,510.44
02.07	<b>CARPINTERIA DE MADERA</b>				
02.07.01	PUERTA CONTRAPLACADA DE 45 MM TRIPLAY ACABADO C/BARNIZ	und	260.00	200.00	52,000.00
02.07.02	PUERTA APANELADA MDF DUJO	und	38.00	350.00	13,300.00
02.07.03	BARANDA DE MADERA CEDRO	m	50.00	80.18	4,009.00
02.07.04	MUEBLE BAJOS DE COCINA DE MELAMINE POST-FORMADA	mli	120.00	460.00	55,200.00
02.08	<b>CERRAJERIA</b>				
02.08.01	BISAGRA ALUMINIZADA CAPUCHINA DE 3" X 3"	pza	932.00	4.00	3,728.00
02.08.02	CERRADURA PTA INTERIOR ACERO INOXIDABLE	und	260.00	15.00	3,900.00
02.08.03	CERRADURA PARA PUERTA PRINCIPAL PESADA	pza	38.00	25.00	950.00
02.08.04	BISAGRA VAIVEN PTA. COCINA	pza	37.00	50.00	1,850.00
02.09	<b>CARPINTERIA METALICA</b>				
02.09.01	PASAMANO METALICO EN ESCALERA	GLB	1.00	1,900.00	1,900.00
02.09.02	ESCALERA DE GATO	GLB	1.00	240.00	240.00
02.09.03	TAPAS CISTERNA	GLB	25.00	170.00	4,250.00
02.09.04	PUERTA DUCTO DE BASURA	UND	1.00	110.00	110.00
02.09.05	REJA DE ESTACIONAMIENTO	und	1.00	1,210.00	1,210.00
02.09.06	EQUIPO DE CONTROL REMOTO	und	1.00	1,700.00	1,700.00
02.10	<b>COBERTURAS</b>				
02.10.01	COBERTURA LADRILLO PASTELERO ASENTADO CON MEZCLA	m2	200.00	18.14	3,628.00
<b>03 INSTALACIONES ELECTRICAS Y ELECTROMECANICAS</b>				<b>300,754.05</b>	
03.01	<b>INSTALACIONES ELECTRICAS</b>				
03.01.01	SALIDA PARA TOMACORRIENTE BIPOLAR DOBLE CON PVC	pto	426	37.64	16,034.64
03.01.02	SALIDA TOMACORRIENTE DOBLE CON TIERRA	pto	286	39.18	10,416.56
03.01.03	SALIDA PARA CENTRO DE LUZ SOTANO CULMINARIAS	pto	61	127.86	7,789.46
03.01.04	SALIDA PARA SPOT-LIGHT C/EQUIPO	pto	40	108.44	4,337.60
03.01.05	SALIDA PARA CENTRO DE LUZ C/INTERRUPTOR	pto	399	37.61	15,006.39
03.01.06	SALIDA DE BRAQUETE CULMINARIA	pto	30	82.74	2,482.20
03.01.07	SALIDA PARA CENTRO DE LUZ ESCALERAS CULMINARIAS	pto	27	90.74	2,449.98
03.01.08	SALIDA PARA THERMA CON PVC	pto	37	63.32	2,342.84
03.01.09	SALIDA DE FUERZA PARA COCINA CON PVC	pto	37	29.16	1,078.92
03.01.10	SALIDA DE FUERZA PARA SECADORA-LAVD	pto	37	71.9	2,660.30
03.01.11	SALIDA DE FUERZA ASCENSOR	pto	1	611.87	611.87
03.01.12	SALIDA DE BOMBAS	pto	1	130.53	130.53
03.01.13	SALIDA BOMBA CONTRA INCENDIO	pto	1	1,407.07	1,407.07
03.01.14	SALIDA BOMBA JOCKEY	pto	1	750.01	750.01
03.01.15	SALIDA BOMBA SUMIDERO	pto	1	94.88	94.88
03.01.16	SALIDA SEMAFORO	pto	1	46.55	46.55
03.01.17	SALIDA PUERTA ELECTRICA	pto	1	47.3	47.30
03.01.18	SALIDA CONTRA INCENDIO	pto	37	168.27	6,225.99
03.01.19	TABLERO SERVICIOS GENERALES	und	1	5500	5,500.00
03.01.20	SALIDA LUZ DE EMERGENCIA	pto	71	128.27	9,107.17
03.01.21	SALIDA POSTES	pto	6	332.96	1,997.76
03.01.22	TABLEROS TIPOICOS DPTS.	und	37	250	9,250.00
03.01.23	TABLERO ALTERNIO 02 BOMBAS	und	3	700	2,100.00
03.01.24	ACOMETIDA TABLERO S.G.	m	25	182.74	4,568.50
03.01.25	ACOMETIDA A T-P 3X10mm2 + 17X10mm2 PVC SAP 35 MM	m	285	15.9	4,213.50

03.01.26	MONTANTE ELECTRICA ASCENSOR	m	75	59.51	4,463.25
03.01.27	MONTANTE ELECTRICA 25 MM	m	558	27.96	15,601.68
03.01.28	MONTANTE ELECTRICA 35 MM	m	1258	31.81	40,142.78
03.01.29	MONTANTE ELECTRICA DETECTORES DE HUMO	m	136	27.25	3,706.00
03.01.30	MONTANTE LUZ DE EMERGENCIA	m	180	27.25	5,177.50
03.01.31	MONTANTES AREAS COMUNES	m	120	27.25	3,270.00
03.01.32	MONTANTE PULSADORES SIST. CONTRA INCENDIO	m	105	27.25	2,861.25
03.01.33	MONTANTE ELECTRICA ALIMENTACION TANQUE ELEVADO	m	88	27.25	2,423.25
03.01.34	MONTANTE EXTRACTORES DE AIRE	m	22	27.23	598.06
03.01.35	MONTANTE DE POZO SUMIDERO	m	22	31.31	688.82
03.01.36	SALIDA PARA TIMBRE TIPO GONG CON PVC	pto	37	42.99	1,590.63
03.01.37	CAJA DE PASE OCTOGONAL	und	150	37.74	5,661.00
03.01.38	CAJA DE PASE DE F6G6 DE 200x200x150	und	20	14.16	283.20
03.01.39	CAJA DE PASE DE F6 G6 DE 300x300x150	und	21	27.96	587.16
03.01.40	CAJA DE PASE DE 250X250X150	und	9	27.96	251.64
03.01.41	CAJA DE PASE DE F6G6 DE 450x450x150	und	11	37.86	417.56
03.01.42	CAJA DE PASE DE F6G6 DE 550X350X150	und	42	37.86	1,584.32
03.01.43	POZO DE TIERRA 20MM	und	2	227.45	454.80
03.02	<b>SISTEMA DE COMUNICACIONES</b>				
03.02.01	SALIDA PARA TELEFONO DIRECTO	pto	114	18.53	2,112.42
03.02.02	SALIDA PARA TV-CABLE	pto	149	18.53	2,760.97
03.02.03	MONTANTE TELEFONO PVC SAP 50 MM	m	60	23.09	1,385.40
03.02.04	MONTANTE TV PVC SAP 50 MM	m	60	23.09	1,385.40
03.02.05	ACOMETIDA DE TELEFONO	m	31	23.09	715.79
03.02.06	ACOMETIDA DE TV	m	29	23.09	669.61
03.03	<b>SISTEMA DE INTERCOMUNICADORES</b>		0		
03.03.01	SALIDA PARA INTERCOMUNICADOR	pto	39	34.3	1,337.70
03.03.02	INTERCOMUNICADOR PORTERO C/10 SALIDAS, CABLEADO	und	1	7000	7,000.00
03.03.03	MONTANTE INTERC. PRV SAP 50 MM	m	79	22.16	1,750.64
03.04	<b>ASCENSOR</b>				
03.04.01	ASCENSOR	GBL	1	80900.00	80,900.00
<b>04 INSTALACIONES SANITARIAS</b>					
04.01	<b>INST. DESAGUE</b>				
04.01.01	SALIDA DE DESAGUE EN PVC	pto	709	52.74	37,392.66
04.01.02	TUBERIA DE PVC SAL 2"	m	39	13.15	512.85
04.01.03	TUBERIA DE PVC SAL 3"	m	45	15.75	708.75
04.01.04	TUBERIA DE PVC SAL 4"	m	108	22.87	2,469.86
04.01.05	RED DE DISTRIBUCION TUBERIA PVC DE 4"	m	182	50.42	9,176.44
04.01.06	RED DE DISTRIBUCION TUBERIA PVC DE 6"	m	38	56.42	2,143.96
04.01.07	MONTANTE DE DESAGUE 4"	m	216	19.08	4,121.28
04.01.08	MONTANTE DE DESAGUE DE 6"	m	101	56.42	5,698.42
04.01.09	MONTANTE DE DESAGUE DE 3"	m	14	18.89	264.46
04.01.10	TUBERIA DE VENTILACION DE PVC SAL 2"	m	363	11.67	4,238.21
04.01.11	SOMBRERO VENTILACION PVC DE 2"	pza	13	10.97	142.61
04.01.12	REGISTRO DE BRONCE CROMADO 2"	pza	68	41.06	2,792.08
04.01.13	REGISTRO DE BRONCE CROMADO DE 4"	pza	46	38.74	1,762.04
04.01.14	CAJA DE REGISTRO DE DESAGUE 12"X24"	pza	2	185.35	370.70
04.02	<b>INST. AGUA FRIA Y CALIENTE</b>				
04.02.01	SALIDA DE AGUA FRIA CON TUBERIA DE PVC-SAP 1/2"	pto	434	38.55	16,730.70
04.02.02	RED DE DISTRIBUCION TUBERIA DE 1/2" PVC-SAP	m	762	11.85	9,105.80
04.02.03	RED DE DISTRIBUCION TUBERIA DE 3/4" PVC-SAP	m	295	13.81	4,073.95
04.02.04	RED DE DISTRIBUCION TUBERIA DE 1" PVC-SAP	m	6	19.89	119.34
04.02.05	RED DE DISTRIBUCION TUBERIA DE 1 1/2" PVC-SAP	m	75	30.8	2,310.00
04.02.06	RED DISTRIBUCION TUBERIA DE 2" PVC-SAP	m	16	35.62	569.92
04.02.07	RED DE DISTRIBUCION 2 1/2"	m	29	41.33	1,198.57
04.02.08	VALVULAS DE COMPUERTA DE BRONCE DE 1/2"	pza	289	48.72	14,587.28
04.02.09	VALVULA DE COMPUERTA DE 3/4"	pza	57	57.72	3,280.04
04.02.10	VALVULA DE COMPUERTA DE 1 1/2"	pza	2	104.06	208.12
04.02.11	VALVULA DE COMPUERTA DE BRONCE DE 1"	pza	2	70.46	140.92
04.02.12	VALVULA DE COMPUERTA DE 2"	pza	4	144.51	578.04
04.02.13	LLAVE DE RIEGO CON GRIFO DE 1/2"	pza	2	28.82	57.64
04.02.14	SALIDA DE AGUA CALIENTE CON TUBERIA CPVC	pto	315	42.15	13,277.25
04.02.15	RED DE DISTRIBUCION DE AGUA CALIENTE TUBO CPVC D=1/2"	m	660	12.77	8,428.20
04.02.16	INSTALACION DE BOMBAS ELECTROB 2.5 C/ACCE	und	2	1159.6	2,319.20
04.02.17	BOMBA SUMIDERO	und	1	1200	1,200.00
04.02.18	EQUIPOS HIDRONELUMATICOS	und	2	2500	5,000.00
04.03	<b>SISTEMA CONTRA INCENDIO</b>				
04.03.01	SISTEMA CONTRA INCENDIO	GLB	1	183500	183,500.00

**COSTO DIRECTO DEL PROYECTO****S/. 3,729,161.78****GASTOS GENERALES Y UTILIDAD (15%)****S/. 559,374.27****SUBTOTAL****S/. 4,288,536.05****IGV (19%)****S/. 814,821.85****TOTAL DEL PRESUPUESTO****S/. 5,103,357.90**

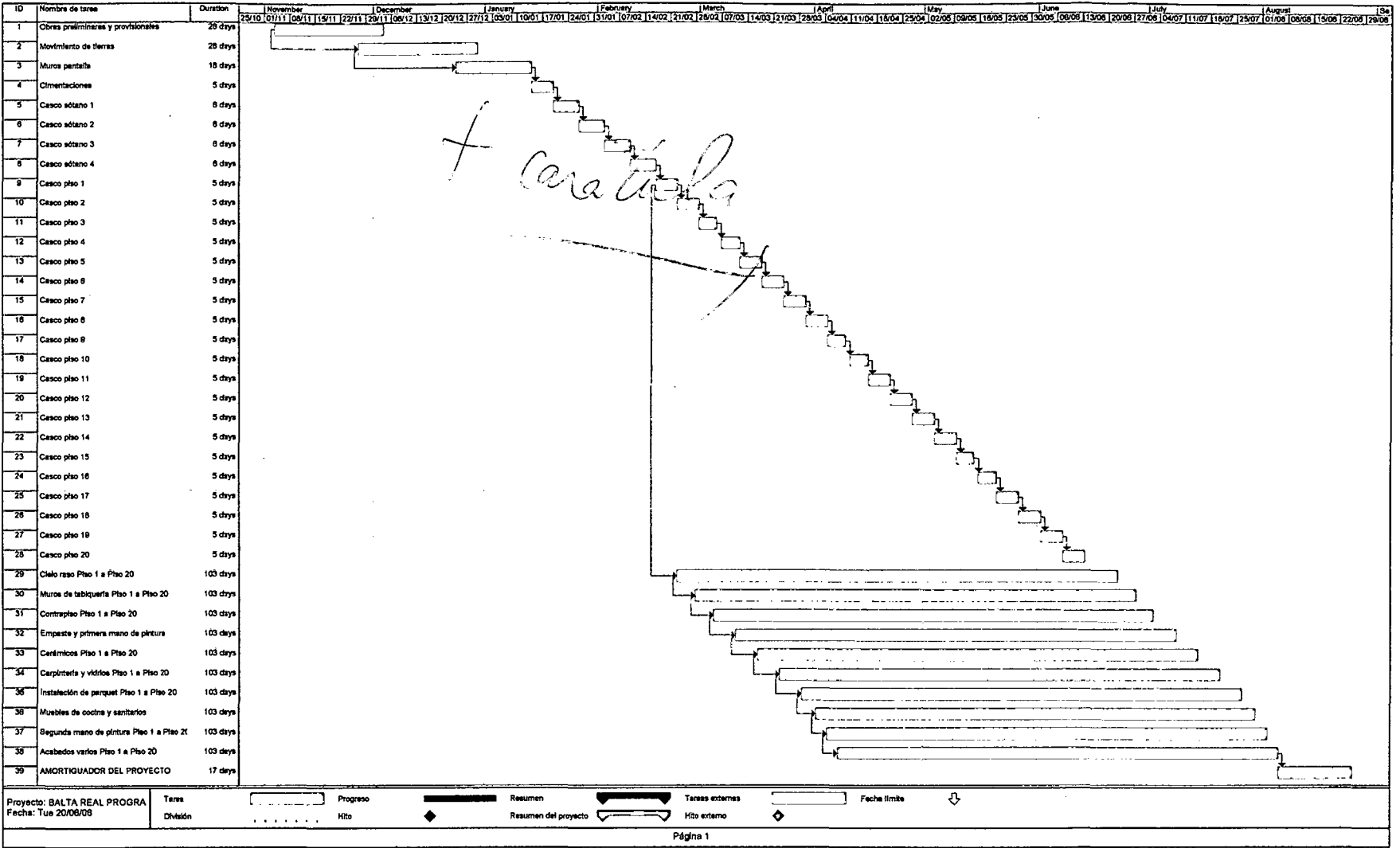
## A2. ANALISIS DE LOS COSTOS ESTIMADOS Y EL COSTO REAL DEL PROYECTO DE CONSTRUCCION "MALECON BALTA"



**ANEXO A2. ANALISIS DE LOS COSTOS ESTIMADOS Y EL COSTO REAL DEL PROYECTO DE CONSTRUCCION "MALECON BALTA"**

Nombre de la partida	COSTO OPTIMISTA	COSTO ESTIMADO	COSTO PESIMISTA	COSTO REAL DE OBRA	RELACION OPTIMISTA	RELACION PESIMISTA	RELACION REAL	DIFFERENCIA EN COSTO REAL
<b>ACERO DE CONSTRUCCION</b>	<b>681,000.00</b>	<b>689,523.59</b>	<b>720,000.00</b>	<b>684,781.04</b>	<b>0.99</b>	<b>1.04</b>	<b>0.99</b>	<b>-4,742.55</b>
APARATOS Y ACCESORIOS SANITARIOS	-	76,459.59	-	74,256.34	-	-	0.97	-2,203.25
CARPINTERIA DE MADERA	-	124,509.00	-	124,509.00	-	-	1.00	0.00
CARPINTERIA METALICA	-	9,410.00	-	9,410.00	-	-	1.00	0.00
CERRAJERIA	-	10,428.00	-	10,864.17	-	-	1.04	436.17
COBERTURAS	-	3,628.00	-	3,798.36	-	-	1.05	170.36
<b>CONCRETO</b>	<b>598,000.00</b>	<b>613,565.67</b>	<b>663,000.00</b>	<b>625,963.67</b>	<b>0.97</b>	<b>1.08</b>	<b>1.02</b>	<b>12,398.00</b>
<b>CONTRAPISO</b>	<b>21,000.00</b>	<b>24,259.68</b>	<b>34,000.00</b>	<b>28,745.38</b>	<b>0.87</b>	<b>1.40</b>	<b>1.18</b>	<b>4,485.70</b>
EMPASTE Y PINTURA DE MUROS	-	91,769.28	-	93,672.65	-	-	1.02	1,903.37
<b>ENCOFRADOS</b>	<b>319,000.00</b>	<b>325,138.07</b>	<b>355,000.00</b>	<b>322,845.31</b>	<b>0.98</b>	<b>1.09</b>	<b>0.99</b>	<b>-2,292.76</b>
INSTALACIONES ELECTRICAS Y ELECTROMECHANICAS	-	300,754.05	-	300,754.05	-	-	1.00	0.00
INSTALACIONES SANITARIAS Y CONTRAINCENDIO	-	348,487.49	-	348,487.49	-	-	1.00	0.00
<b>LIMPIEZA DE OBRA</b>	<b>9,000.00</b>	<b>15,123.56</b>	<b>35,000.00</b>	<b>22,853.93</b>	<b>0.60</b>	<b>2.31</b>	<b>1.51</b>	<b>7,730.37</b>
<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>	<b>137,753.54</b>	<b>137,753.54</b>	<b>198,000.00</b>	<b>146,872.73</b>	<b>1.00</b>	<b>1.44</b>	<b>1.06</b>	<b>8,119.19</b>
<b>MUROS DE TABIQUERIA</b>	<b>105,000.00</b>	<b>107,711.92</b>	<b>118,000.00</b>	<b>106,754.65</b>	<b>0.97</b>	<b>1.10</b>	<b>0.99</b>	<b>-957.27</b>
<b>MUROS PANTALLA</b>	<b>150,582.57</b>	<b>150,582.57</b>	<b>181,000.00</b>	<b>150,582.57</b>	<b>1.00</b>	<b>1.20</b>	<b>1.00</b>	<b>0.00</b>
OBRAS PRELIMINARES	-	84,487.72	-	82,826.71	-	-	0.98	-1,661.01
OBRAS PROVISIONALES	-	12,325.97	-	13,623.45	-	-	1.11	1,297.48
<b>PARQUET</b>	<b>26,000.00</b>	<b>34,243.44</b>	<b>65,000.00</b>	<b>31,874.87</b>	<b>0.76</b>	<b>1.90</b>	<b>0.93</b>	<b>-2,368.57</b>
PISOS Y PAVIMENTOS	-	107,968.94	-	106,345.18	-	-	0.98	-1,623.76
<b>RESANE y SOLAQUEO DE SUPERFICIES</b>	<b>51,000.00</b>	<b>60,683.58</b>	<b>90,000.00</b>	<b>67,845.78</b>	<b>0.84</b>	<b>1.48</b>	<b>1.12</b>	<b>7,162.20</b>
<b>TARRAJEO DE CIELO RASO E INTERIORES</b>	<b>197,000.00</b>	<b>199,846.98</b>	<b>209,000.00</b>	<b>206,537.84</b>	<b>0.99</b>	<b>1.05</b>	<b>1.03</b>	<b>6,690.86</b>
<b>TARRAJEO EN EXTERIORES</b>	<b>26,000.00</b>	<b>32,214.78</b>	<b>62,000.00</b>	<b>38,947.67</b>	<b>0.81</b>	<b>1.92</b>	<b>1.21</b>	<b>6,732.89</b>
<b>TRANSPORTE INTERNO DE MATERIALES</b>	<b>26,000.00</b>	<b>30,121.56</b>	<b>39,000.00</b>	<b>33,917.27</b>	<b>0.86</b>	<b>1.29</b>	<b>1.13</b>	<b>3,795.71</b>
VIDRIOS CRISTALES Y SIMILARES	-	62,080.44	-	64,683.08	-	-	1.04	2,602.64
ZOCALOS	-	76,084.36	-	74,236.37	-	-	0.98	-1,847.99
		<b>3,729,161.78</b>		<b>3,774,989.56</b>				

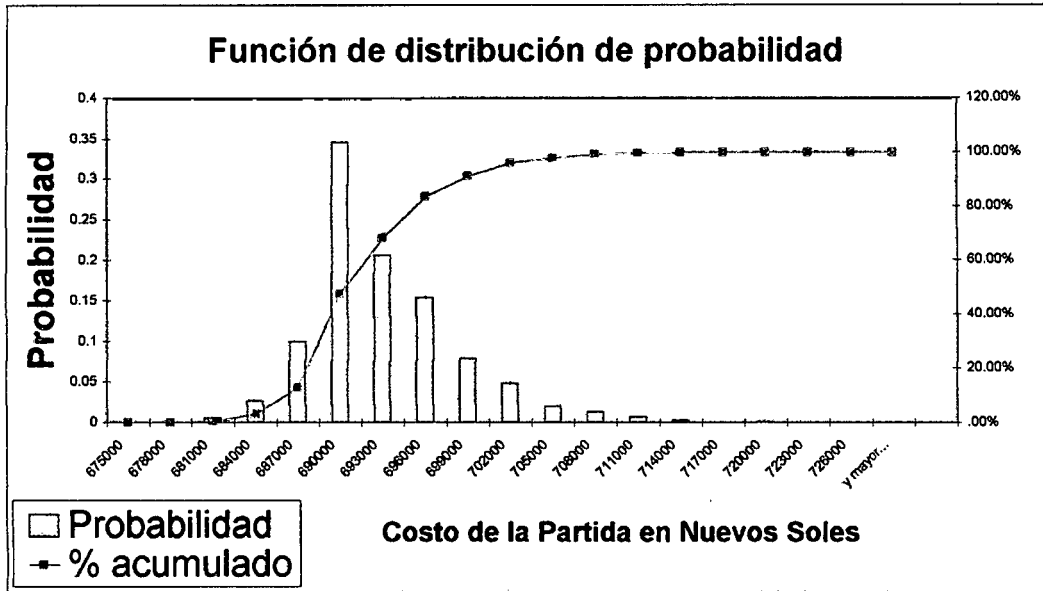
### A3. PROGRAMACION DE OBRA



AUTOR: Willy Rafael Vichez Chumán

#### A4. CURVAS DE DISTRIBUCIÓN DEL COSTO DE TODAS LAS PARTIDAS SIMULADAS

DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DEL COSTO DE LA PARTIDA ACERO DE CONSTRUCCION



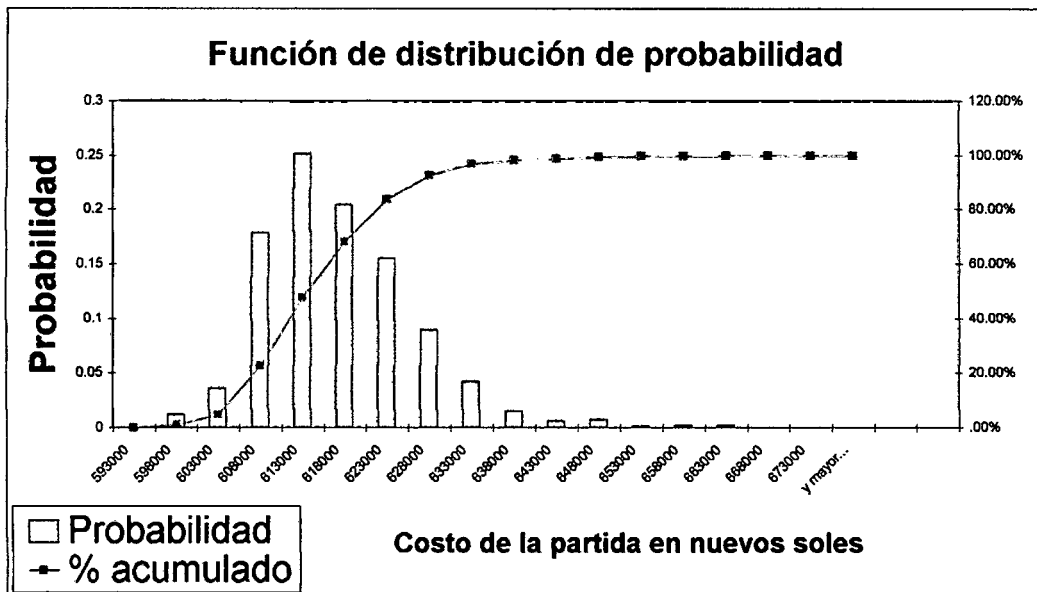
Probabilidad	RANGO	COSTO
0.0058	0.0000	681000
0.0234	0.0058	684000
0.0935	0.0292	687000
0.3505	0.1227	690000
0.2336	0.4731	693000
0.1285	0.7068	696000
0.0701	0.8353	699000
0.0467	0.9054	702000
0.0234	0.9521	705000
0.0117	0.9755	708000
0.0058	0.9871	711000
0.0035	0.9930	714000
0.0023	0.9965	717000
0.0012	0.9988	720000

Clase	Frecuencia	% acumulado
675000	0	0.00%
678000	0	0.00%
681000	5	0.50%
684000	26	3.10%
687000	99	13.00%
690000	345	47.50%
693000	205	68.00%
696000	153	83.30%
699000	78	91.10%
702000	48	95.90%
705000	19	99.80%
708000	13	99.90%
711000	6	99.97%
714000	2	99.99%
717000	0	99.99%
720000	1	100.00%
723000	0	100.00%
726000	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%

ALEATORIO	MUESTRA
0.033914	687000.00
0.572850	693000.00
0.193327	690000.00
0.849271	699000.00
0.326018	690000.00
0.667614	693000.00
0.758072	696000.00
0.881860	699000.00
0.064051	687000.00
0.872065	699000.00
0.896677	699000.00
0.269121	690000.00
0.874097	699000.00
0.995997	714000.00
0.348846	690000.00
0.373409	690000.00
0.402382	690000.00
0.514704	693000.00
0.140568	690000.00
0.293899	690000.00
0.878020	699000.00

Columna 1	
Media	693219
Error típico	171.6289471
Mediana	693000
Moda	690000
Desviación estándar	5427.383854
Varianza de la muestra	29456495.5
Curtosis	2.131486055
Coefficiente de asimetría	1.158404775
Rango	39000
Mínimo	681000
Máximo	720000
Suma	693219000
Cuenta	1000

DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DEL COSTO DE LA PARTIDA CONCRETO



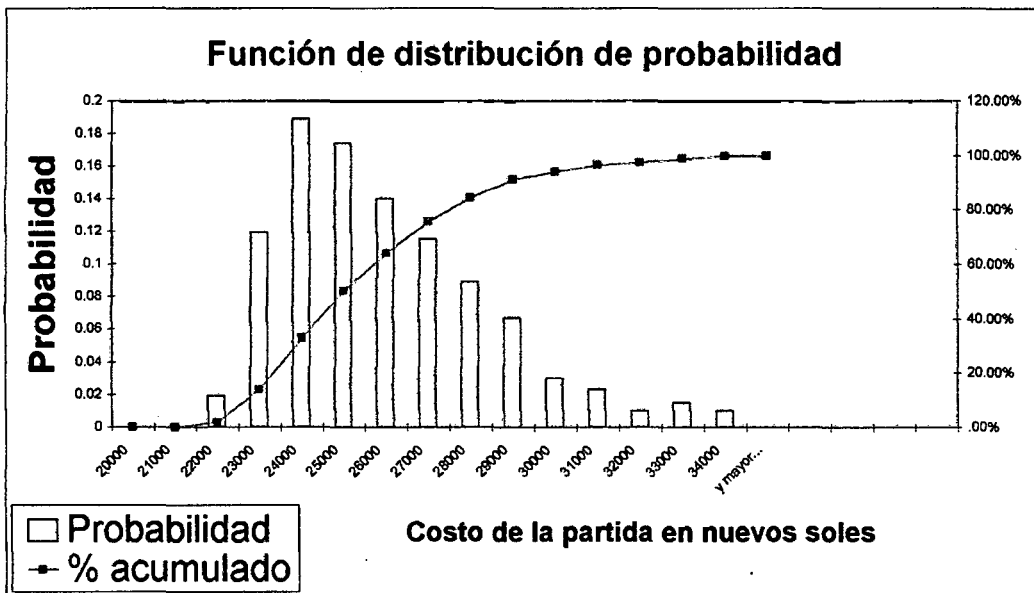
Probabilidad	RANGO	COSTO
0.0088	0.0000	598000
0.0353	0.0088	603000
0.1942	0.0441	608000
0.2471	0.2383	613000
0.2118	0.4854	618000
0.1589	0.6973	623000
0.0706	0.8561	628000
0.0353	0.9267	633000
0.0177	0.9620	638000
0.0088	0.9797	643000
0.0053	0.9885	648000
0.0035	0.9938	653000
0.0018	0.9974	658000
0.0009	0.9991	663000
	1.0000	663000

Clase	Frecuencia	% acumulado
593000	0	.00%
598000	12	1.20%
603000	36	4.80%
608000	178	22.60%
613000	251	47.70%
618000	204	68.10%
623000	155	83.60%
628000	89	92.50%
633000	42	96.70%
638000	15	98.20%
643000	6	98.80%
648000	7	99.50%
653000	1	99.60%
658000	2	99.80%
663000	2	100.00%
668000	0	100.00%
673000	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%

ALEATORIO	MUESTRA
0.695485	618000.00
0.516198	618000.00
0.568404	618000.00
0.902972	628000.00
0.015797	603000.00
0.696038	618000.00
0.612111	618000.00
0.636844	618000.00
0.817658	623000.00
0.684421	618000.00
0.022252	603000.00
0.240904	613000.00
0.672883	618000.00
0.732983	623000.00
0.358891	613000.00
0.278643	613000.00
0.716673	623000.00
0.394046	613000.00
0.529577	618000.00
0.187996	608000.00
0.368061	613000.00

Columna 1	
Media	617210
Error típico	297.4295956
Mediana	618000
Moda	613000
Desviación estándar	9405.549658
Varianza de la muestra	88464364.36
Curtosis	2.522561171
Coficiente de asimetría	1.182183551
Rango	65000
Mínimo	598000
Máximo	663000
Suma	617210000
Cuenta	1000

DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DEL COSTO DE LA PARTIDA CONTRAPISO



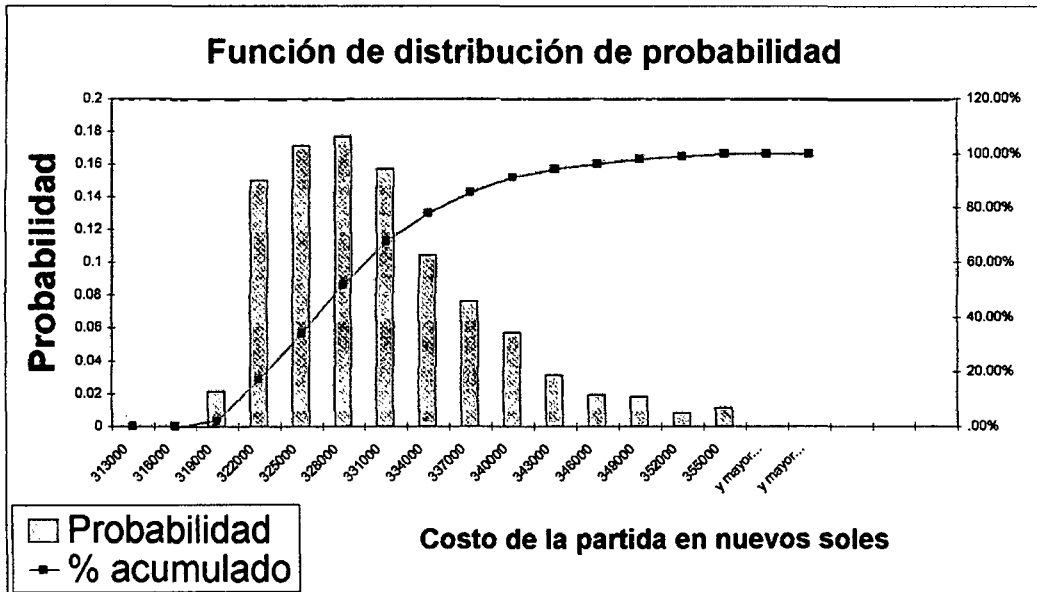
Probabilidad	RANGO	COSTO
0.0054	0.0000	0.0054
0.0251	0.0054	0.0306
0.1199	0.0306	0.1505
0.1741	0.1505	0.3246
0.1605	0.3246	0.4851
0.1408	0.4851	0.6259
0.1191	0.6259	0.7451
0.0867	0.7451	0.8317
0.0650	0.8317	0.8967
0.0360	0.8967	0.9327
0.0217	0.9327	0.9544
0.0197	0.9544	0.9741
0.0143	0.9741	0.9884
0.0116	0.9884	1.0000

Clase	Frecuencia	% acumulado
20000	0	0.00%
21000	0	0.00%
22000	19	1.90%
23000	119	13.80%
24000	189	32.70%
25000	174	50.10%
26000	140	64.10%
27000	115	75.60%
28000	89	84.50%
29000	67	91.20%
30000	30	94.20%
31000	23	96.50%
32000	10	97.50%
33000	15	99.00%
34000	10	100.00%
y mayor...	0	100.00%

ALEATORIO	MUESTRA
0.315446	24000.00
0.214717	24000.00
0.556112	26000.00
0.984630	33000.00
0.697164	27000.00
0.302043	24000.00
0.817176	28000.00
0.969221	32000.00
0.297655	24000.00
0.975887	33000.00
0.579079	26000.00
0.158279	24000.00
0.821810	28000.00
0.893585	29000.00
0.382436	25000.00
0.333149	25000.00
0.610268	26000.00
0.994120	34000.00
0.612936	26000.00
0.220121	24000.00
0.489658	26000.00

Columna1	
Media	25891
Error típico	79.92187752
Mediana	25500
Moda	24000
Desviación estándar	2527.351678
Varianza de la muestra	6387506.507
Curtosis	0.436928414
Coefficiente de asimetría	0.847645576
Rango	12000
Mínimo	22000
Máximo	34000
Suma	25891000
Cuenta	1000

DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DEL COSTO DE LA PARTIDA ENCOFRADOS



Probabilidad	RANGO	COSTO
0.0000	0.0000	316000
0.0266	0.0000	319000
0.1270	0.0266	322000
0.1844	0.1537	325000
0.1701	0.3381	328000
0.1414	0.5082	331000
0.1033	0.6496	334000
0.0803	0.7529	337000
0.0574	0.8332	340000
0.0381	0.8906	343000
0.0230	0.9287	346000
0.0209	0.9516	349000
0.0152	0.9725	352000
0.0123	0.9877	355000

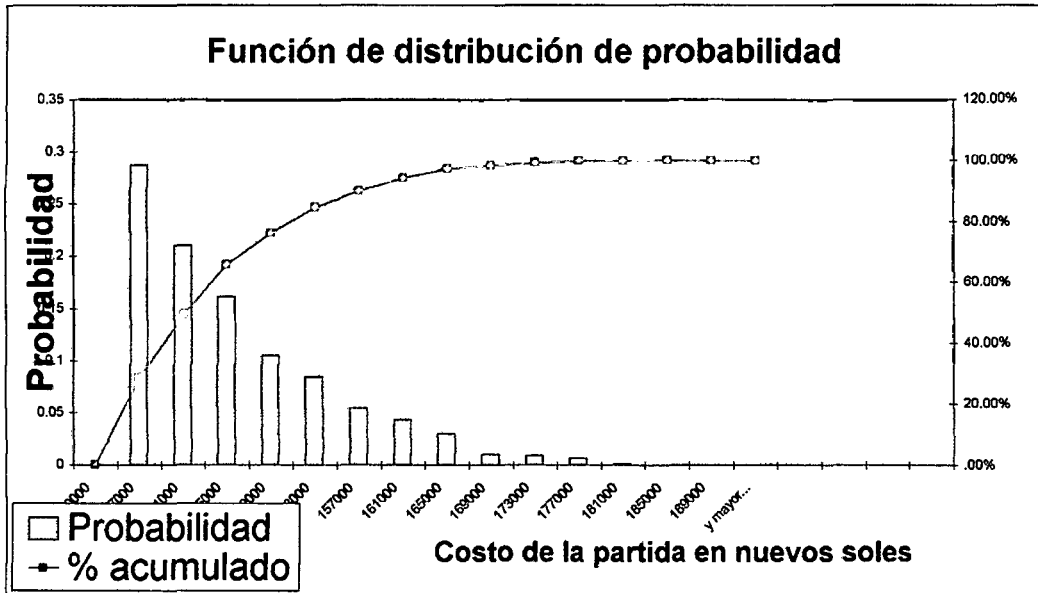
Clase	Frecuencia	% acumulado
313000	0	.00%
316000	0	.00%
319000	21	2.10%
322000	150	17.10%
325000	171	34.20%
328000	177	51.90%
331000	157	67.60%
334000	104	78.00%
337000	76	85.60%
340000	57	91.30%
343000	31	94.40%
346000	19	96.30%
349000	18	98.10%
352000	8	98.90%
355000	11	100.00%
y mayor...	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%

ALEATORIO	MUESTRA
0.540525	331000.00
0.498956	328000.00
0.130611	322000.00
0.782810	337000.00
0.264541	325000.00
0.064081	322000.00
0.172339	325000.00
0.635346	331000.00
0.017184	319000.00
0.782233	337000.00
0.739504	334000.00
0.541530	331000.00
0.676078	334000.00
0.067809	322000.00
0.553936	331000.00
0.009111	319000.00
0.648240	331000.00
0.633559	331000.00
0.414049	328000.00
0.217252	325000.00
0.950887	346000.00

Columna1	
Media	330757
Error típico	249.0782829
Mediana	328000
Moda	325000
Desviación estándar	7876.546895
Varianza de la muestra	62039990.99
Curtosis	0.533719289
Coefficiente de asimetría	0.960466379
Rango	36000
Mínimo	319000
Máximo	355000
Suma	330757000
Cuenta	1000



**DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DEL COSTO DE LA PARTIDA MOVIMIENTO DE TIERRAS**



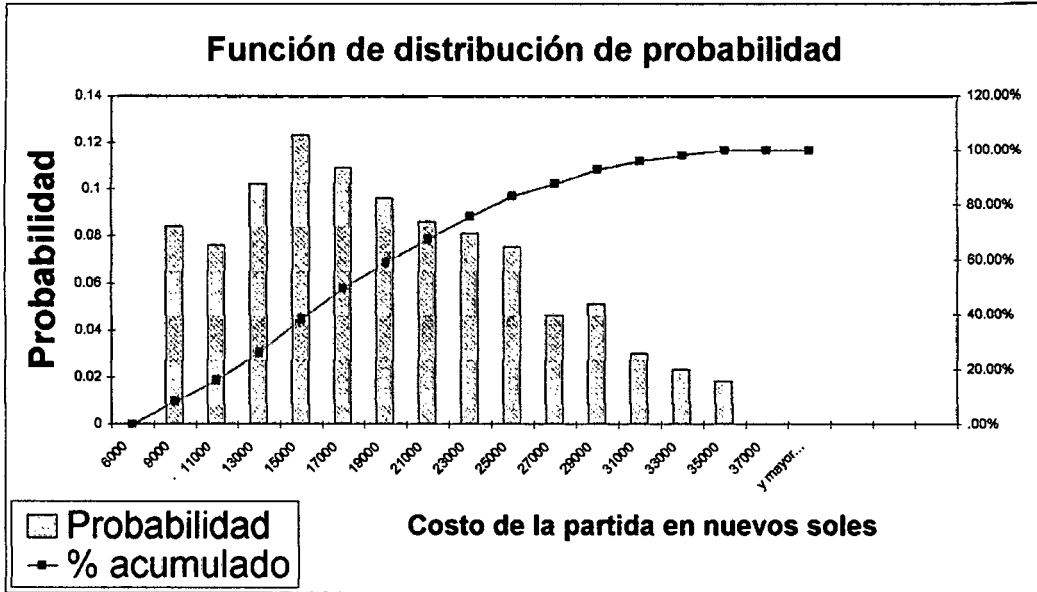
Probabilidad	RANGO	COSTO
0.3063	0.0000	0.3063
0.2144	0.3063	0.5207
0.1378	0.5207	0.6585
0.1072	0.6585	0.7657
0.0827	0.7657	0.8484
0.0551	0.8484	0.9035
0.0398	0.9035	0.9433
0.0245	0.9433	0.9678
0.0123	0.9678	0.9801
0.0092	0.9801	0.9893
0.0061	0.9893	0.9954
0.0031	0.9954	0.9985
0.0015	0.9985	1.0000
0.0000	1.0000	1.0000

Clase	Frecuencia	% acumulado
120000	0	0.00%
137000	287	28.70%
141000	210	49.70%
145000	161	65.80%
149000	105	76.30%
153000	84	84.70%
157000	54	90.10%
161000	43	94.40%
165000	30	97.40%
169000	10	98.40%
173000	9	99.30%
177000	6	99.90%
181000	1	100.00%
185000	0	100.00%
189000	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%

ALEATORIO	MUESTRA
0.936461	161000.00
0.023447	137000.00
0.850560	157000.00
0.037701	137000.00
0.642068	145000.00
0.744655	149000.00
0.228062	137000.00
0.421227	141000.00
0.227230	137000.00
0.492059	141000.00
0.132585	137000.00
0.571801	145000.00
0.676615	149000.00
0.121718	137000.00
0.590151	145000.00
0.992599	177000.00
0.654095	145000.00
0.169873	137000.00
0.613962	145000.00
0.248299	137000.00
0.496967	141000.00

Columna 1	
Media	145696
Error típico	299.7422717
Mediana	141000
Moda	137000
Desviación estándar	9478.682895
Varianza de la muestra	89845429.43
Curtois	1.413274177
Coefficiente de asimetría	1.287627589
Rango	48000
Mínimo	137000
Máximo	186000
Suma	145696000
Cuenta	1000

**DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DEL COSTO DE LA PARTIDA LIMPIEZA DE OBRA**



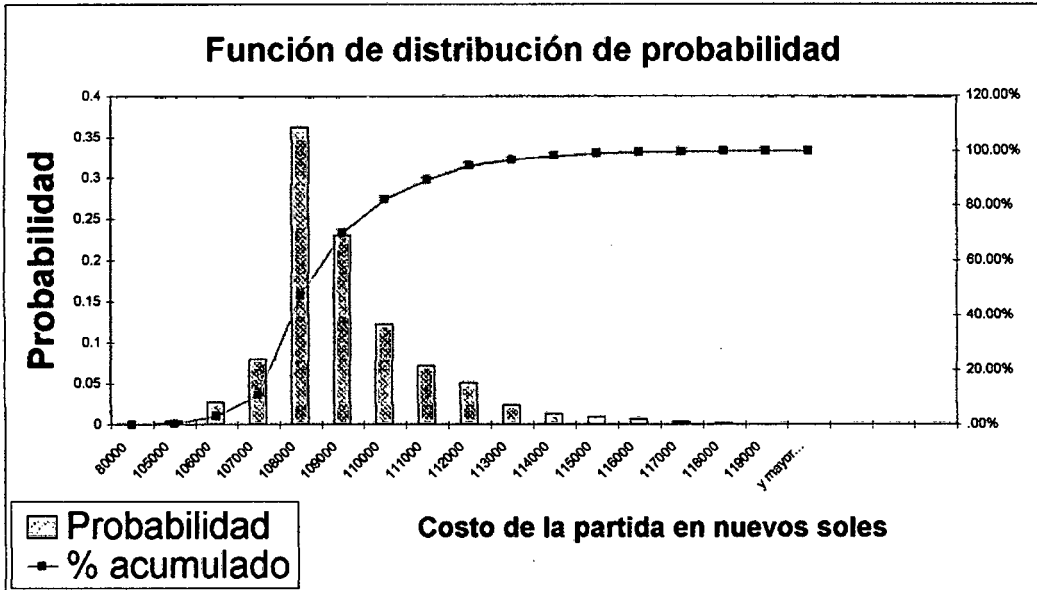
Probabilidad	RANGO		COSTO
0.0860	0.0000	0.0860	9000
0.0968	0.0860	0.1828	11000
0.1075	0.1828	0.2903	13000
0.1183	0.2903	0.4086	15000
0.1075	0.4086	0.5161	17000
0.0968	0.5161	0.6129	19000
0.0860	0.6129	0.6989	21000
0.0753	0.6989	0.7742	23000
0.0645	0.7742	0.8387	25000
0.0538	0.8387	0.8925	27000
0.0430	0.8925	0.9355	29000
0.0323	0.9355	0.9677	31000
0.0215	0.9677	0.9892	33000
0.0108	0.9892	1.0000	35000

Clase	Frecuencia	% acumulado	
6000	0	0.00%	
9000	84	8.40%	
11000	76	16.00%	
13000	102	26.20%	
15000	123	38.50%	
17000	109	49.40%	
19000	96	59.00%	
21000	86	67.60%	
23000	81	75.70%	
25000	75	83.20%	
27000	46	87.80%	
29000	51	92.90%	
31000	30	95.90%	
33000	23	98.20%	
35000	18	100.00%	
37000	0	100.00%	
y mayor...	0	100.00%	

ALEATORIO	MUESTRA
0.023637	9000.00
0.775636	25000.00
0.726316	23000.00
0.527675	19000.00
0.238314	13000.00
0.605139	19000.00
0.216856	13000.00
0.823934	25000.00
0.952643	31000.00
0.541787	19000.00
0.787482	25000.00
0.345905	15000.00
0.224082	13000.00
0.753198	23000.00
0.994309	35000.00
0.442555	17000.00
0.263543	13000.00
0.420087	17000.00
0.267556	13000.00
0.213150	13000.00
0.721907	23000.00

Columna1	
Media	18572
Error típico	210.5734009
Mediana	17000
Moda	13000
Desviación estándar	6658.915614
Varianza de la muestra	44341157.16
Curtosis	-0.592577588
Coefficiente de asimetría	0.49241149
Rango	26000
Mínimo	9000
Máximo	35000
Suma	18572000
Cuenta	1000

**DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DEL COSTO DE LA PARTIDA MUROS DE TABIQUERÍA**



Probabilidad	RANGO	COSTO	
0.0058	0.0000	0.0058	105000
0.0234	0.0058	0.0292	106000
0.0935	0.0292	0.1227	107000
0.3505	0.1227	0.4731	108000
0.2336	0.4731	0.7068	109000
0.1285	0.7068	0.8353	110000
0.0701	0.8353	0.9054	111000
0.0467	0.9054	0.9521	112000
0.0234	0.9521	0.9755	113000
0.0117	0.9755	0.9871	114000
0.0058	0.9871	0.9930	115000
0.0035	0.9930	0.9965	116000
0.0023	0.9965	0.9988	117000
0.0012	0.9988	1.0000	118000

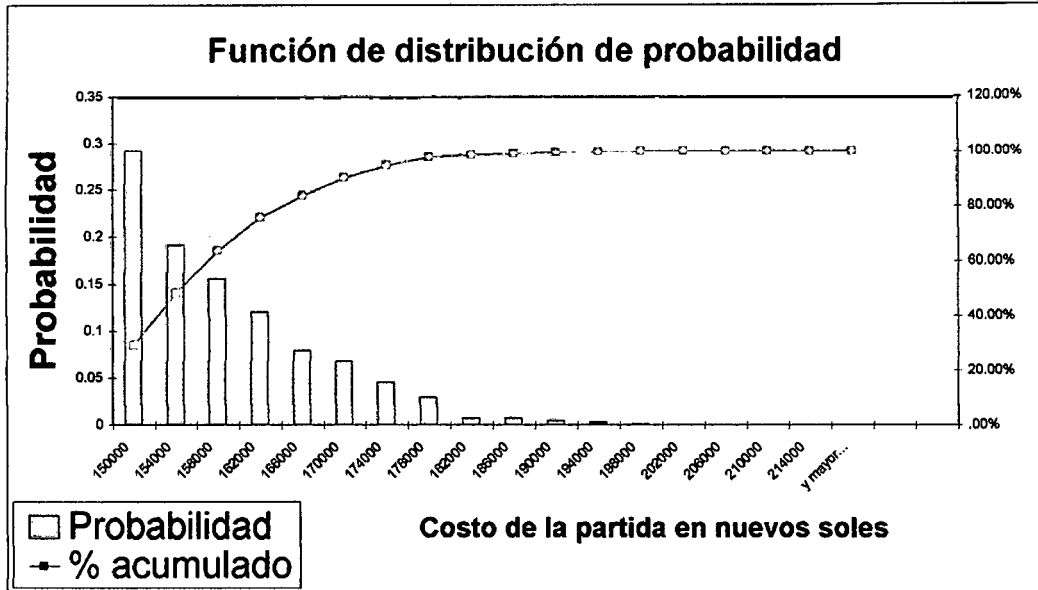
Clase	Frecuencia	% acumulado
80000	0	0.00%
105000	4	.40%
106000	27	3.10%
107000	79	11.00%
108000	362	47.20%
109000	230	70.20%
110000	121	82.30%
111000	71	89.40%
112000	51	94.50%
113000	23	96.80%
114000	13	98.10%
115000	9	99.00%
116000	6	99.60%
117000	3	99.90%
118000	1	100.00%
119000	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%

**ALEATORIO MUESTRA**

0.851945	111000.00
0.696747	109000.00
0.979712	114000.00
0.463784	108000.00
0.401242	108000.00
0.303812	108000.00
0.148622	108000.00
0.591387	109000.00
0.427996	108000.00
0.880184	111000.00
0.838508	111000.00
0.556192	109000.00
0.419183	108000.00
0.284529	108000.00
0.946455	112000.00
0.228454	108000.00
0.220897	108000.00
0.748461	110000.00
0.045544	107000.00
0.948125	112000.00
0.752110	110000.00

Columna1	
Media	109005
Error típico	50.73015423
Mediana	109000
Moda	108000
Desviación estándar	1604.228334
Varianza de la muestra	2573548.549
Curtosis	1.726033907
Coefficiente de asimetría	1.0267853
Rango	11000
Mínimo	105000
Máximo	116000
Suma	109005000
Cuenta	1000

DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DEL COSTO DE LA PARTIDA MUROS PANTALLA



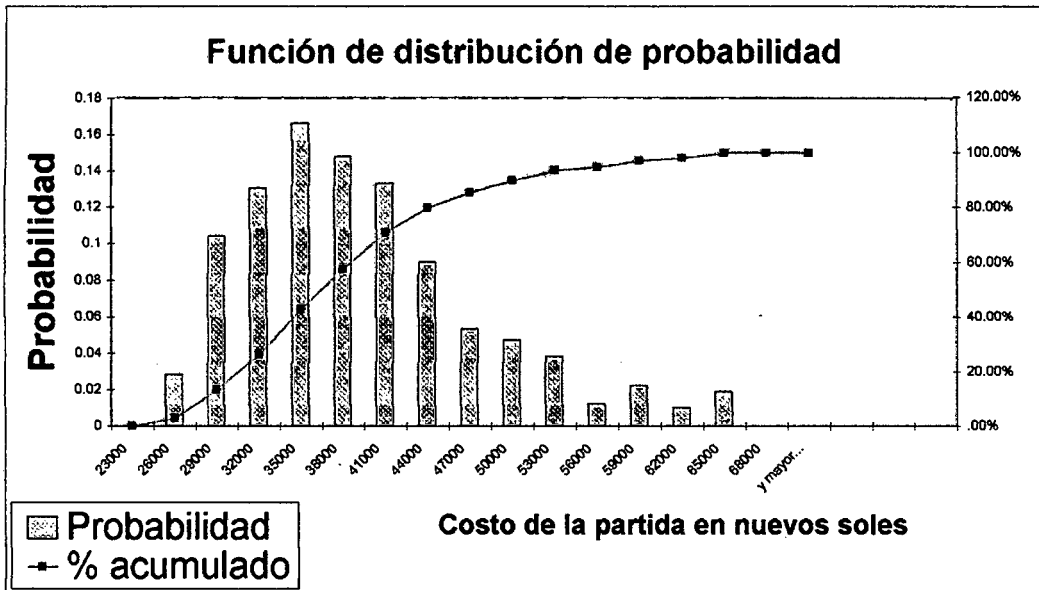
Probabilidad	RANGO	COSTO
0.3063	0.0000	0.3063
0.2144	0.3063	0.5207
0.1378	0.5207	0.6585
0.1072	0.6585	0.7657
0.0827	0.7657	0.8484
0.0551	0.8484	0.9035
0.0398	0.9035	0.9433
0.0245	0.9433	0.9678
0.0123	0.9678	0.9801
0.0092	0.9801	0.9893
0.0061	0.9893	0.9954
0.0031	0.9954	0.9985
0.0015	0.9985	1.0000
0.0000	1.0000	1.0000

Clase	Frecuencia	% acumulado
150000	292	29.20%
154000	191	48.30%
158000	155	63.80%
162000	120	75.80%
166000	79	83.70%
170000	67	90.40%
174000	45	94.90%
178000	29	97.80%
182000	7	98.50%
186000	7	99.20%
190000	4	99.60%
194000	3	99.90%
198000	1	100.00%
202000	0	100.00%
206000	0	100.00%
210000	0	100.00%
214000	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%

ALEATORIO	MUESTRA
0.298853	150000.00
0.802517	166000.00
0.740708	162000.00
0.895230	170000.00
0.685747	162000.00
0.792527	166000.00
0.429013	154000.00
0.240944	150000.00
0.975692	182000.00
0.384743	154000.00
0.097765	150000.00
0.876725	170000.00
0.859011	170000.00
0.433900	154000.00
0.999784	198000.00
0.201737	150000.00
0.439967	154000.00
0.878455	170000.00
0.508908	154000.00
0.885032	170000.00
0.928797	174000.00

Columna 1	
Media	158440
Error típico	294.4097095
Mediana	154000
Moda	150000
Desviación estándar	9310.052474
Varianza de la muestra	86677077.08
Curtosis	1.582834566
Coefficiente de asimetría	1.318482394
Rango	48000
Mínimo	150000
Máximo	198000
Suma	158440000
Cuenta	1000

**DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DEL COSTO DE LA PARTIDA PARQUET**



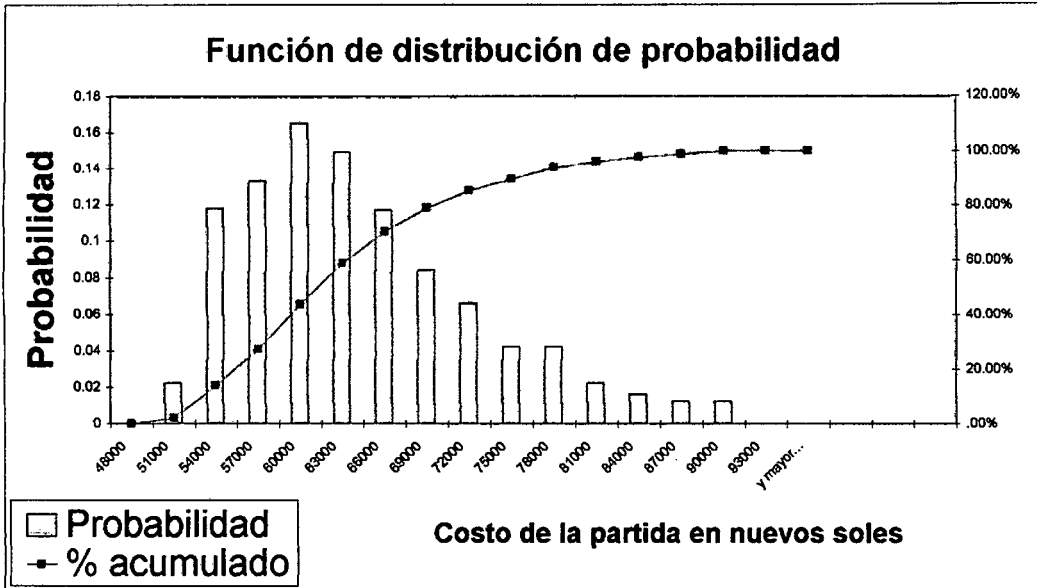
Probabilidad	RANGO		COSTO
0.0232	0.0000	0.0232	26000
0.1107	0.0232	0.1339	29000
0.1482	0.1339	0.2821	32000
0.1607	0.2821	0.4429	35000
0.1482	0.4429	0.5911	38000
0.1232	0.5911	0.7143	41000
0.0857	0.7143	0.8000	44000
0.0582	0.8000	0.8582	47000
0.0432	0.8582	0.9014	50000
0.0332	0.9014	0.9346	53000
0.0232	0.9346	0.9579	56000
0.0182	0.9579	0.9761	59000
0.0132	0.9761	0.9893	62000
0.0107	0.9893	1.0000	65000

Clase	Frecuencia	% acumulado
23000	0	.00%
26000	28	2.80%
29000	104	13.20%
32000	130	26.20%
35000	166	42.80%
38000	148	57.60%
41000	133	70.90%
44000	90	79.90%
47000	53	85.20%
50000	47	89.90%
53000	38	93.70%
56000	12	94.90%
59000	22	97.10%
62000	10	98.10%
65000	19	100.00%
68000	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%

ALEATORIO	MUESTRA
0.390039	35000.00
0.318353	35000.00
0.282439	35000.00
0.693612	41000.00
0.373786	35000.00
0.154359	32000.00
0.294949	35000.00
0.565154	38000.00
0.083233	29000.00
0.977724	62000.00
0.977917	62000.00
0.615061	41000.00
0.303030	35000.00
0.433300	35000.00
0.657847	41000.00
0.177520	32000.00
0.789130	44000.00
0.863012	50000.00
0.738741	44000.00
0.432783	35000.00
0.414475	35000.00

Columna1	
Media	39482
Error típico	270.0677926
Mediana	38000
Moda	35000
Desviación estándar	8540.293473
Varianza de la muestra	72936612.61
Curtosis	0.447489206
Coefficiente de asimetría	0.908179577
Rango	39000
Mínimo	26000
Máximo	65000
Suma	39482000
Cuenta	1000

**DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DEL COSTO DE LA PARTIDA RESANE Y SOLAQUEO**



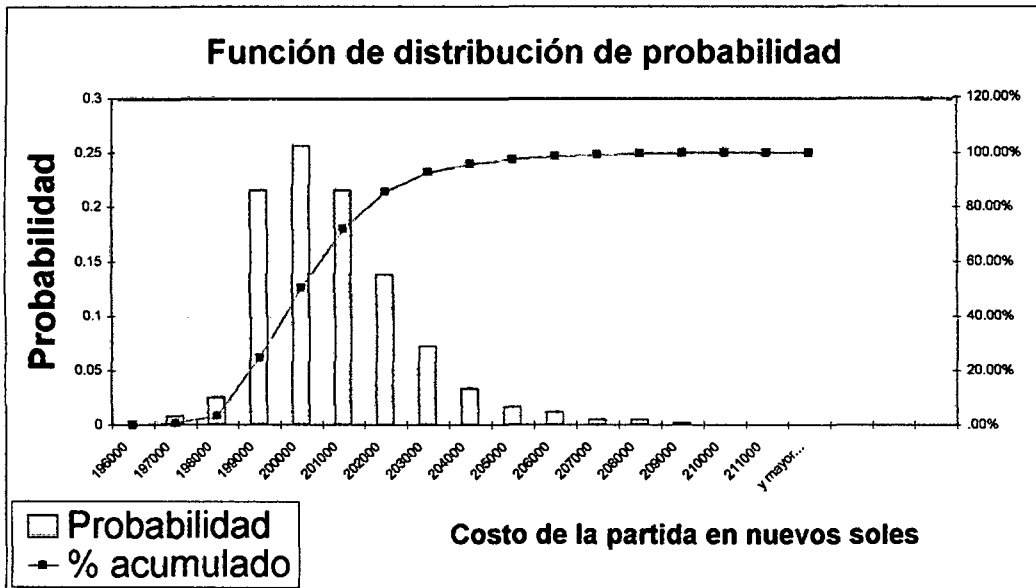
Probabilidad	RANGO		COSTO
0.0232	0.0000	0.0232	51000
0.1107	0.0232	0.1339	54000
0.1482	0.1339	0.2821	57000
0.1607	0.2821	0.4429	60000
0.1482	0.4429	0.5911	63000
0.1232	0.5911	0.7143	66000
0.0857	0.7143	0.8000	69000
0.0582	0.8000	0.8582	72000
0.0432	0.8582	0.9014	75000
0.0332	0.9014	0.9346	78000
0.0232	0.9346	0.9579	81000
0.0182	0.9579	0.9761	84000
0.0132	0.9761	0.9893	87000
0.0107	0.9893	1.0000	90000

Clase	Frecuencia	% acumulado
48000	0	.00%
51000	22	2.20%
54000	118	14.00%
57000	133	27.30%
60000	165	43.80%
63000	149	58.70%
66000	117	70.40%
69000	84	78.80%
72000	66	85.40%
75000	42	89.60%
78000	42	93.80%
81000	22	96.00%
84000	16	97.60%
87000	12	98.80%
90000	12	100.00%
93000	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%

ALEATORIO	MUESTRA
0.314651	60000.00
0.029525	54000.00
0.126228	54000.00
0.622870	66000.00
0.570598	63000.00
0.677522	66000.00
0.645578	66000.00
0.799672	69000.00
0.277640	57000.00
0.663360	66000.00
0.136302	57000.00
0.095824	54000.00
0.276263	57000.00
0.816645	72000.00
0.745897	69000.00
0.210671	57000.00
0.193989	57000.00
0.295691	60000.00
0.831086	72000.00
0.492142	63000.00
0.449492	63000.00

Columna1	
Media	64170
Error típico	262.38511
Mediana	63000
Moda	60000
Desviación estándar	8297.345717
Varianza de la muestra	68845945.95
Curtosis	0.382644374
Coefficiente de asimetría	0.866125041
Rango	39000
Mínimo	51000
Máximo	90000
Suma	64170000
Cuenta	1000

**DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DEL COSTO DE LA PARTIDA TARRAJEO DE CIELO RASO E INTERIORES**



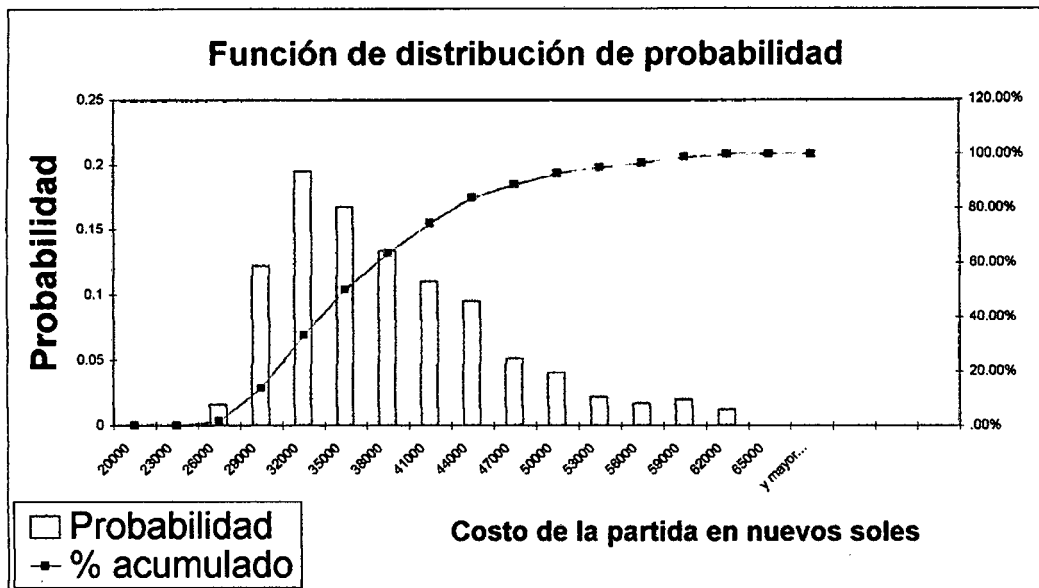
Probabilidad	RANGO	COSTO
0.0088	0.0000	0.0088
0.0353	0.0088	0.0441
0.1942	0.0441	0.2383
0.2471	0.2383	0.4854
0.2118	0.4854	0.6973
0.1589	0.6973	0.8561
0.0706	0.8561	0.9267
0.0353	0.9267	0.9620
0.0177	0.9620	0.9797
0.0088	0.9797	0.9885
0.0053	0.9885	0.9938
0.0035	0.9938	0.9974
0.0018	0.9974	0.9991
0.0009	0.9991	1.0000

Clase	Frecuencia	% acumulado
196000	0	.00%
197000	8	.80%
198000	25	3.30%
199000	215	24.80%
200000	266	60.40%
201000	215	71.90%
202000	137	85.60%
203000	72	92.80%
204000	33	96.10%
205000	16	97.70%
206000	11	98.80%
207000	5	99.30%
208000	5	99.80%
209000	2	100.00%
210000	0	100.00%
211000	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%

ALEATORIO	MUESTRA
0.527737	201000.00
0.823046	202000.00
0.353848	200000.00
0.383102	200000.00
0.439091	200000.00
0.964605	205000.00
0.589751	201000.00
0.325510	200000.00
0.609233	201000.00
0.661952	201000.00
0.121869	199000.00
0.419556	200000.00
0.101412	199000.00
0.152140	199000.00
0.365633	200000.00
0.504584	201000.00
0.758620	202000.00
0.386026	200000.00
0.332502	200000.00
0.117237	199000.00
0.882178	203000.00

Columna1	
Media	200937
Error típico	58.75783763
Mediana	201000
Moda	200000
Desviación estándar	1858.085973
Varianza de la muestra	3452483.483
Curtosis	1.500441442
Coefficiente de asimetría	1.005837909
Rango	11000
Mínimo	197000
Máximo	208000
Suma	200937000
Cuenta	1000

**DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DEL COSTO DE LA PARTIDA TARRAJEO DE EXTERIORES**



Probabilidad	RANGO	COSTO	
0.0000	0.0000	0.0000	23000
0.0266	0.0000	0.0266	26000
0.1270	0.0266	0.1537	29000
0.1844	0.1537	0.3381	32000
0.1701	0.3381	0.5082	35000
0.1414	0.5082	0.6496	38000
0.1033	0.6496	0.7529	41000
0.0803	0.7529	0.8332	44000
0.0574	0.8332	0.8906	47000
0.0381	0.8906	0.9287	50000
0.0230	0.9287	0.9516	53000
0.0209	0.9516	0.9725	56000
0.0152	0.9725	0.9877	59000
0.0123	0.9877	1.0000	62000

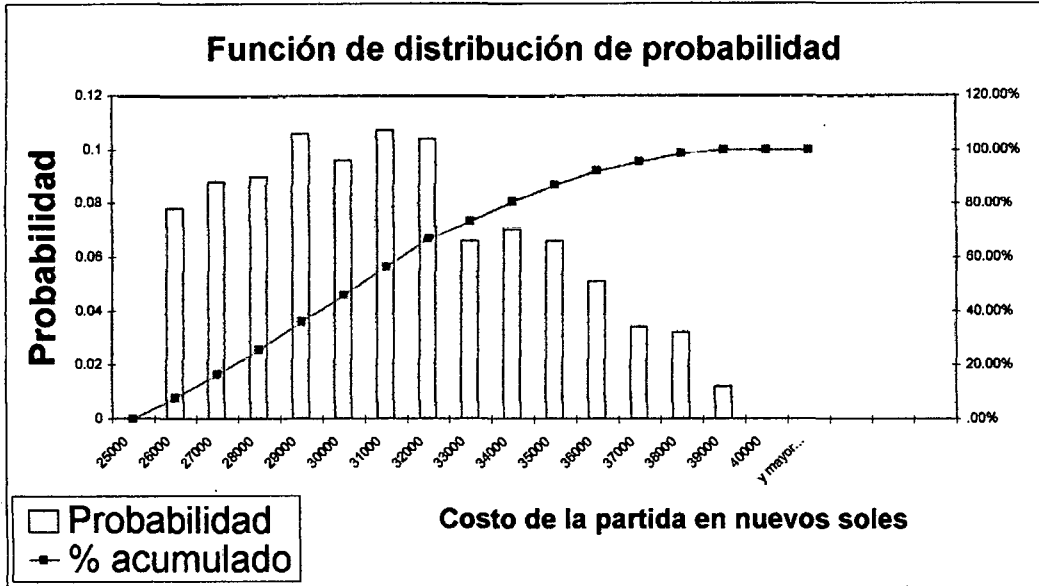
Clase	Frecuencia	% acumulado
20000	0	0.00%
23000	0	0.00%
26000	16	1.60%
29000	122	13.80%
32000	195	33.30%
35000	167	50.00%
38000	133	63.30%
41000	110	74.30%
44000	95	83.80%
47000	51	88.90%
50000	40	92.90%
53000	22	95.10%
56000	17	96.80%
59000	20	98.80%
62000	12	100.00%
65000	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%

ALEATORIO	MUESTRA
0.782527	44000.00
0.050112	29000.00
0.284508	32000.00
0.126954	29000.00
0.043839	29000.00
0.047378	29000.00
0.175378	32000.00
0.003718	26000.00
0.185839	32000.00
0.298474	32000.00
0.386488	35000.00
0.734072	41000.00
0.759726	44000.00
0.446170	35000.00
0.723411	41000.00
0.298646	32000.00
0.762952	44000.00
0.113153	29000.00
0.503975	35000.00
0.386430	35000.00
0.174674	32000.00

Columna 1	
Media	37628
Error típico	235.8160835
Mediana	35000
Moda	32000
Desviación estándar	7457.159327
Varianza de la muestra	55609225.23
Curtosis	0.816807222
Coefficiente de asimetría	1.026343841
Rango	36000
Mínimo	26000
Máximo	62000
Suma	37628000
Cuenta	1000



**DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DEL COSTO DE LA PARTIDA TRANSPORTE INTERNO DE MATERIALES**



Probabilidad	RANGO		COSTO
0.0706	0.0000	0.0706	26000
0.0824	0.0706	0.1529	27000
0.0941	0.1529	0.2471	28000
0.1059	0.2471	0.3529	29000
0.1176	0.3529	0.4706	30000
0.1059	0.4706	0.5765	31000
0.0941	0.5765	0.6706	32000
0.0824	0.6706	0.7529	33000
0.0706	0.7529	0.8235	34000
0.0588	0.8235	0.8824	35000
0.0471	0.8824	0.9294	36000
0.0353	0.9294	0.9647	37000
0.0235	0.9647	0.9882	38000
0.0118	0.9882	1.0000	39000

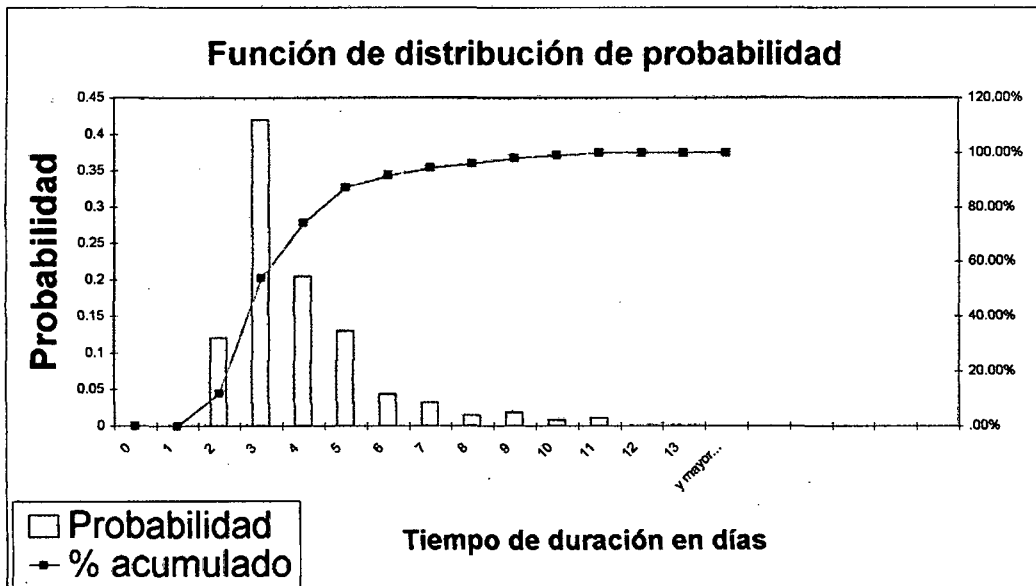
Clase	Frecuencia	% acumulado
25000	0	0.00%
26000	78	7.80%
27000	88	16.60%
28000	90	25.60%
29000	106	36.20%
30000	96	45.80%
31000	107	56.50%
32000	104	66.90%
33000	66	73.50%
34000	70	80.50%
35000	66	87.10%
36000	51	92.20%
37000	34	95.60%
38000	32	98.80%
39000	12	100.00%
40000	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%

ALEATORIO	MUESTRA
0.259719	29000.00
0.190592	28000.00
0.261018	29000.00
0.294598	29000.00
0.073012	27000.00
0.829039	35000.00
0.713164	33000.00
0.955225	37000.00
0.891879	36000.00
0.975178	38000.00
0.033922	26000.00
0.572817	31000.00
0.809989	34000.00
0.850878	35000.00
0.592230	32000.00
0.455844	30000.00
0.430165	30000.00
0.934935	37000.00
0.481828	31000.00
0.077847	27000.00
0.765020	34000.00

Columna 1	
Media	31105
Error típico	102.8326288
Mediana	31000
Moda	30000
Desviación estándar	3251.853248
Varianza de la muestra	10574549.55
Curtosis	-0.711774664
Coefficiente de asimetría	0.369742952
Rango	13000
Mínimo	26000
Máximo	39000
Suma	31105000
Cuenta	1000

## A5. CURVAS DE DISTRIBUCION DEL TIEMPO DE TODAS LAS ACTIVIDADES SIMULADAS

**DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DEL TIEMPO DE EJECUCION DE LA SEGUNDA MANO DE PINTURA**



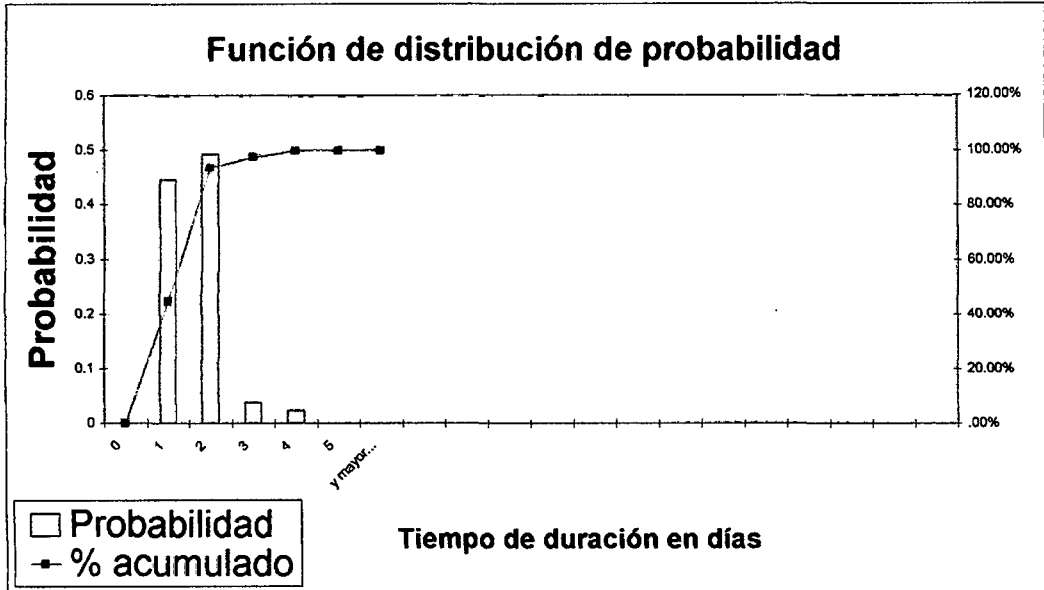
Probabilidad	RANGO	TIEMPO
0.0211	0.0000	0.0211
0.1007	0.0211	0.1218
0.1348	0.1218	0.2566
0.1462	0.2566	0.4027
0.1348	0.4027	0.5375
0.1120	0.5375	0.6496
0.0818	0.6496	0.7314
0.1364	0.7314	0.8678
0.0455	0.8678	0.9133
0.0302	0.9133	0.9435
0.0182	0.9435	0.9617
0.0166	0.9617	0.9782
0.0120	0.9782	0.9903
0.0097	0.9903	1.0000

Clase	Frecuencia	% acumulado
0	0	0.00%
1	0	0.00%
2	120	12.00%
3	419	53.90%
4	204	74.30%
5	130	87.30%
6	43	91.60%
7	32	94.80%
8	14	96.20%
9	19	98.10%
10	8	98.90%
11	11	100.00%
12	0	100.00%
13	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%

ALEATORIO	MUESTRA
0.033764	2.00
0.120258	2.00
0.364130	3.00
0.136283	3.00
0.376055	3.00
0.223726	3.00
0.125336	3.00
0.268245	3.00
0.824800	5.00
0.621757	4.00
0.800590	5.00
0.048961	2.00
0.516010	3.00
0.878987	6.00
0.898121	6.00
0.792062	5.00
0.798951	5.00
0.330057	3.00
0.225746	3.00
0.057131	2.00
0.802092	5.00

Columna 1	
Media	3.944
Error típico	0.055838893
Mediana	3
Moda	3
Desviación estándar	1.765780842
Varianza de la muestra	3.117981982
Curtosis	3.091251147
Coefficiente de asimetría	1.685405642
Rango	9
Mínimo	2
Máximo	11
Suma	3944
Cuenta	1000

**DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DEL TIEMPO DE EJECUCION DE LOS MUEBLES DE COCINA Y SANITARIOS**



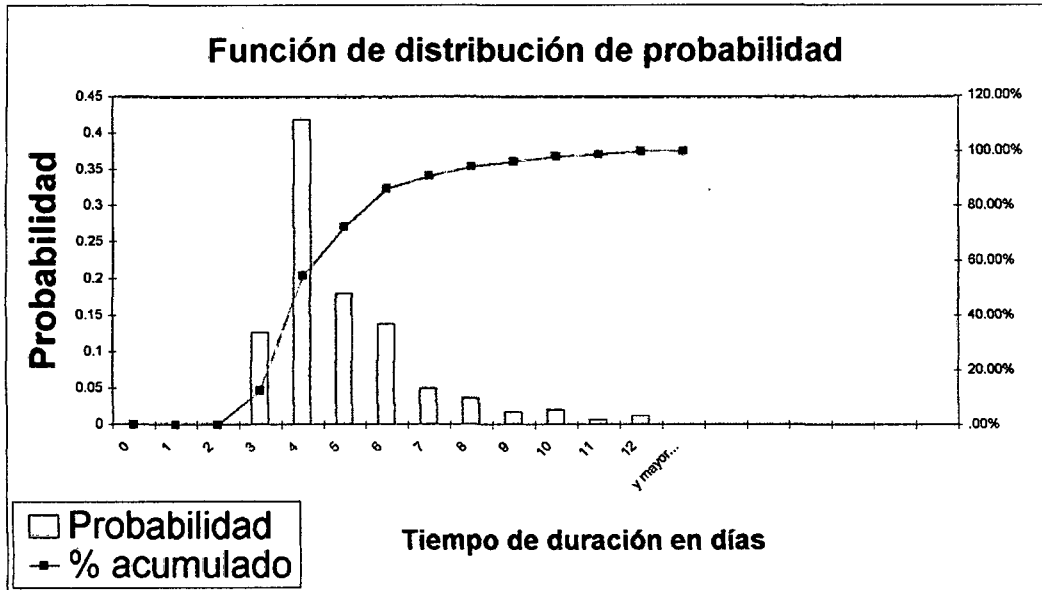
Probabilidad	RANGO		TIEMPO
0.0232	0.0000	0.0232	0.5
0.1107	0.0232	0.1339	0.5
0.1482	0.1339	0.2821	1
0.1607	0.2821	0.4429	1
0.1482	0.4429	0.5911	2
0.1232	0.5911	0.7143	2
0.0857	0.7143	0.8000	2
0.0582	0.8000	0.8582	2
0.0432	0.8582	0.9014	2
0.0332	0.9014	0.9346	2
0.0232	0.9346	0.9579	3
0.0182	0.9579	0.9761	3
0.0132	0.9761	0.9893	3.5
0.0107	0.9893	1.0000	3.5

Clase	Frecuencia	% acumulado
0	0	.00%
1	446	44.60%
2	493	93.90%
3	38	97.70%
4	23	100.00%
5	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%

ALEATORIO	MUESTRA
0.012375	0.50
0.785294	2.00
0.008343	0.50
0.113657	0.50
0.877690	2.00
0.980806	3.50
0.996278	3.50
0.173567	1.00
0.915060	2.00
0.751528	2.00
0.818214	2.00
0.092098	0.50
0.892588	2.00
0.404214	1.00
0.870573	2.00
0.245114	1.00
0.977702	3.50
0.696248	2.00
0.835876	2.00
0.581072	2.00
0.608955	2.00

Columna 1	
Media	1.5765
Error típico	0.023009285
Mediana	2
Moda	2
Desviación estándar	0.727617466
Varianza de la muestra	0.629427177
Curtosis	-0.348225811
Coefficiente de asimetría	0.312564516
Rango	3
Mínimo	0.5
Máximo	3.5
Suma	1576.5
Cuenta	1000

**DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DEL TIEMPO DE EJECUCION DE LA INSTALACION DE PARQUET**



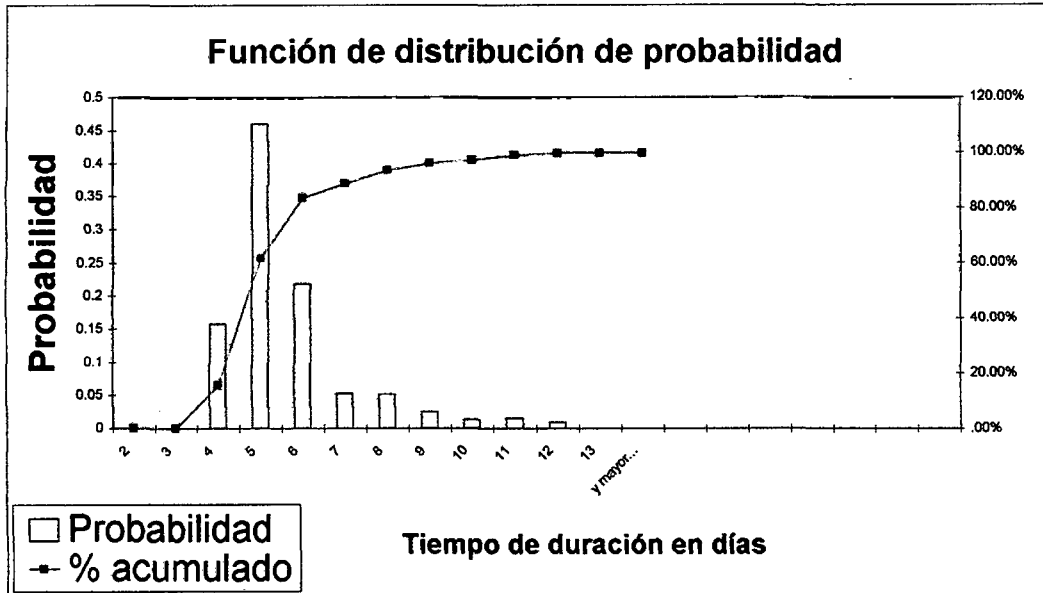
Probabilidad	RANGO	TIEMPO
0.0211	0.0000	0.0211
0.1007	0.0211	0.1218
0.1348	0.1218	0.2566
0.1462	0.2566	0.4027
0.1348	0.4027	0.5375
0.1120	0.5375	0.6496
0.0818	0.6496	0.7314
0.1364	0.7314	0.8678
0.0455	0.8678	0.9133
0.0302	0.9133	0.9435
0.0182	0.9435	0.9617
0.0166	0.9617	0.9782
0.0120	0.9782	0.9903
0.0097	0.9903	1.0000

Clase	Frecuencia	% acumulado
0	0	0.00%
1	0	0.00%
2	0	0.00%
3	126	12.60%
4	418	54.40%
5	179	72.30%
6	137	86.00%
7	49	90.90%
8	36	94.50%
9	17	96.20%
10	20	98.20%
11	6	98.80%
12	12	100.00%
y mayor...	0	100.00%

ALEATORIO	MUESTRA
0.851131	6.00
0.883559	7.00
0.760816	6.00
0.922166	8.00
0.294008	4.00
0.215482	4.00
0.447219	4.00
0.136962	4.00
0.894762	7.00
0.943161	8.00
0.636236	5.00
0.930978	8.00
0.464046	4.00
0.492311	4.00
0.929847	8.00
0.525430	4.00
0.052215	3.00
0.274618	4.00
0.199219	4.00
0.486227	4.00
0.024727	3.00

Columna 1	
Media	4.953907816
Error típico	0.059240237
Mediana	4
Moda	4
Desviación estándar	1.871466516
Varianza de la muestra	3.50238692
Curtosis	3.143953048
Coefficiente de asimetría	1.774490459
Rango	9
Mínimo	3
Máximo	12
Suma	4944
Cuenta	998

DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DEL TIEMPO DE EJECUCION DE LA CARPINTERIA Y VIDRIOS



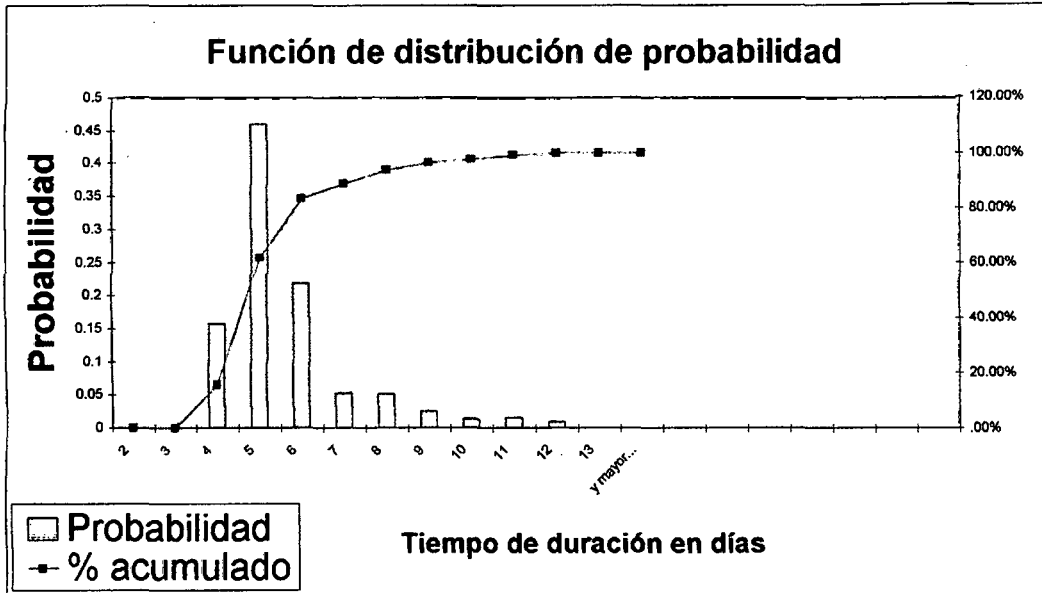
Probabilidad	RANGO	TIEMPO
0.0242	0.0000	0.0242
0.1155	0.0242	0.1397
0.1546	0.1397	0.2943
0.1677	0.2943	0.4620
0.1546	0.4620	0.6166
0.1285	0.6166	0.7452
0.0894	0.7452	0.8346
0.0417	0.8346	0.8763
0.0209	0.8763	0.8972
0.0346	0.8972	0.9318
0.0242	0.9318	0.9560
0.0190	0.9560	0.9750
0.0138	0.9750	0.9888
0.0112	0.9888	1.0000

Clase	Frecuencia	% acumulado
2	0	.00%
3	0	.00%
4	157	15.70%
5	460	61.70%
6	218	83.50%
7	52	88.70%
8	51	93.80%
9	25	96.30%
10	13	97.60%
11	15	99.10%
12	9	100.00%
13	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%

ALEATORIO	MUESTRA
0.666750	6.00
0.502393	5.00
0.982612	11.00
0.685676	6.00
0.939749	9.00
0.893693	7.00
0.331411	5.00
0.285818	5.00
0.010555	4.00
0.713747	6.00
0.072996	4.00
0.683132	6.00
0.503980	5.00
0.524502	5.00
0.535566	5.00
0.145368	5.00
0.620359	6.00
0.003751	4.00
0.116455	4.00
0.274166	5.00
0.572318	5.00

Column 1	
Media	5.614228457
Error típico	0.04878899
Mediana	5
Moda	5
Desviación estándar	1.541299702
Varianza de la muestra	2.37660477
Curtosis	4.233152194
Coefficiente de asimetría	1.95030011
Rango	8
Mínimo	4
Máximo	12
Suma	5603
Cuenta	998

DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DEL TIEMPO DE EJECUCION DE LOS CERAMICOS



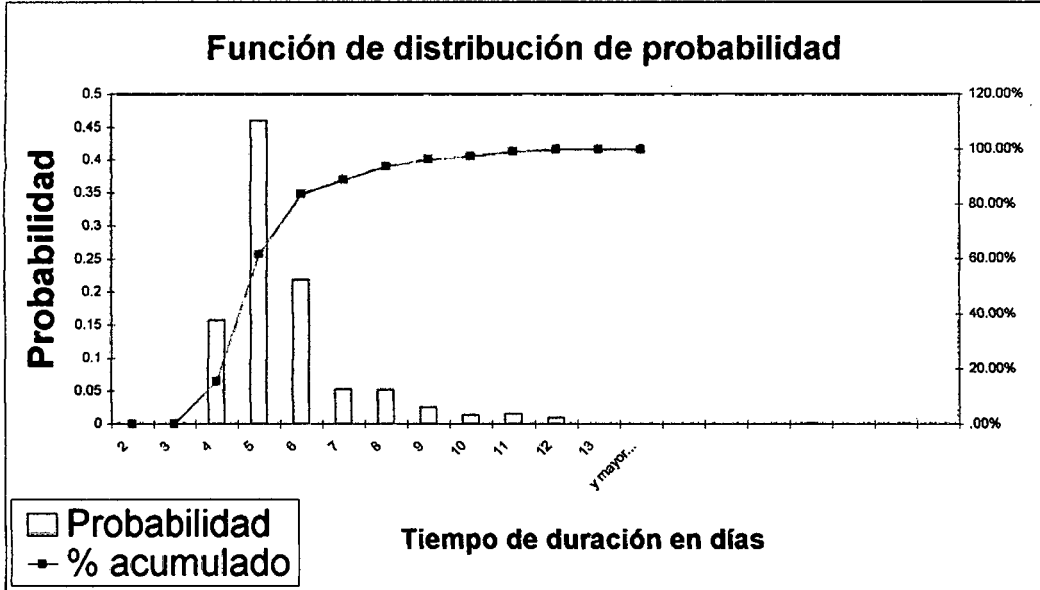
Probabilidad	RANGO	TIEMPO
0.0242	0.0000	0.0242
0.1155	0.0242	0.1397
0.1546	0.1397	0.2943
0.1677	0.2943	0.4620
0.1546	0.4620	0.6166
0.1285	0.6166	0.7452
0.0894	0.7452	0.8346
0.0417	0.8346	0.8763
0.0209	0.8763	0.8972
0.0346	0.8972	0.9318
0.0242	0.9318	0.9560
0.0190	0.9560	0.9750
0.0138	0.9750	0.9888
0.0112	0.9888	1.0000

Clase	Frecuencia	% acumulado
2	0	.00%
3	0	.00%
4	157	15.70%
5	460	61.70%
6	218	83.50%
7	52	88.70%
8	51	93.80%
9	25	96.30%
10	13	97.60%
11	15	99.10%
12	9	100.00%
13	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%

ALEATORIO	MUESTRA
0.959439	10.00
0.603794	5.00
0.286562	5.00
0.307880	5.00
0.889332	7.00
0.347918	5.00
0.626153	6.00
0.307610	5.00
0.444390	5.00
0.896368	7.00
0.041092	4.00
0.612381	5.00
0.119515	4.00
0.900680	8.00
0.814581	6.00
0.745520	6.00
0.732018	6.00
0.078727	4.00
0.634300	6.00
0.484427	5.00
0.395537	5.00

Columna1	
Media	5.541
Error típico	0.046069962
Mediana	5
Moda	5
Desviación estándar	1.456860131
Varianza de la muestra	2.122441441
Curtosis	5.953891482
Coefficiente de asimetría	2.189994714
Rango	8
Mínimo	4
Máximo	12
Suma	5541
Cuenta	1000

**DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DEL TIEMPO DE EJECUCION DEL EMPASTE Y LA PRIMERA MANO DE PINTURA**



Probabilidad	RANGO	TIEMPO
0.0242	0.0000	0.0242
0.1155	0.0242	0.1397
0.1546	0.1397	0.2943
0.1677	0.2943	0.4620
0.1546	0.4620	0.6166
0.1285	0.6166	0.7452
0.0894	0.7452	0.8346
0.0417	0.8346	0.8763
0.0209	0.8763	0.8972
0.0346	0.8972	0.9318
0.0242	0.9318	0.9560
0.0190	0.9560	0.9750
0.0138	0.9750	0.9888
0.0112	0.9888	1.0000

Clase	Frecuencia	% acumulado
2	0	0.00%
3	0	0.00%
4	157	15.70%
5	460	61.70%
6	218	83.50%
7	52	88.70%
8	51	93.80%
9	25	96.30%
10	13	97.60%
11	15	99.10%
12	9	100.00%
13	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%

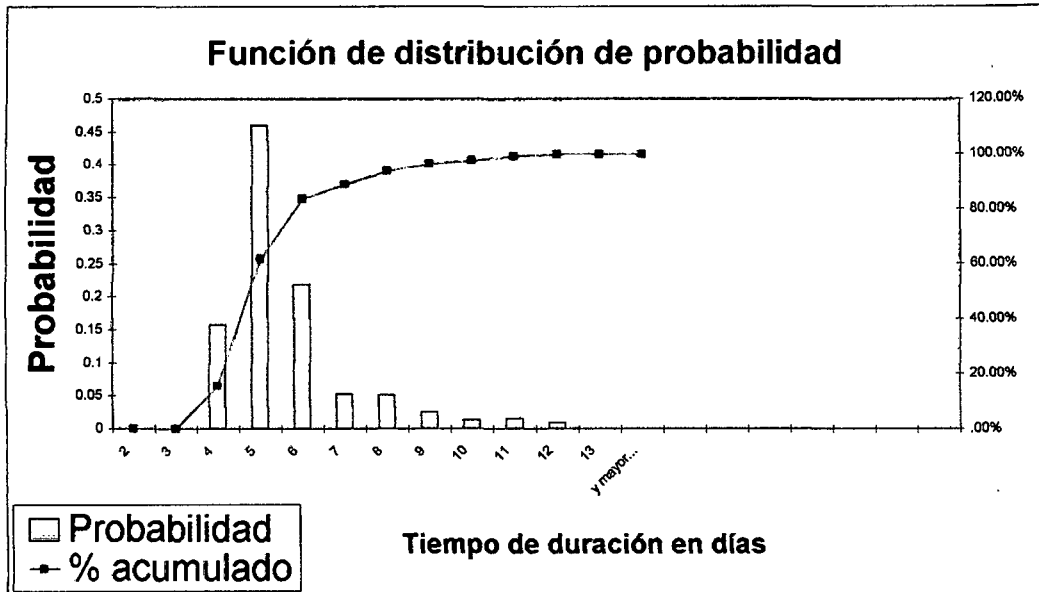
**ALEATORIO MUESTRA**

0.293639	5.00
0.404405	5.00
0.641264	6.00
0.155965	5.00
0.576615	5.00
0.963284	10.00
0.705590	6.00
0.410116	5.00
0.829345	6.00
0.341421	5.00
0.675141	6.00
0.067546	4.00
0.985735	11.00
0.460651	5.00
0.492070	5.00
0.927420	8.00
0.917709	8.00
0.435497	5.00
0.038809	4.00
0.608050	5.00
0.727401	6.00

Columna1	
Media	5.63
Error típico	0.049188612
Mediana	5
Moda	5
Desviación estándar	1.555480479
Varianza de la muestra	2.41951952
Curtosis	4.448869204
Coefficiente de asimetría	1.985920189
Rango	8
Mínimo	4
Máximo	12
Suma	5630
Cuenta	1000



DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DEL TIEMPO DE EJECUCION DEL CONTRAPISO



Probabilidad	RANGO		TIEMPO
0.0242	0.0000	0.0242	4
0.1155	0.0242	0.1397	4
0.1546	0.1397	0.2943	5
0.1677	0.2943	0.4620	5
0.1546	0.4620	0.6166	5
0.1285	0.6166	0.7452	6
0.0894	0.7452	0.8346	6
0.0417	0.8346	0.8763	7
0.0209	0.8763	0.8972	7
0.0346	0.8972	0.9318	8
0.0242	0.9318	0.9560	9
0.0190	0.9560	0.9750	10
0.0138	0.9750	0.9888	11
0.0112	0.9888	1.0000	12

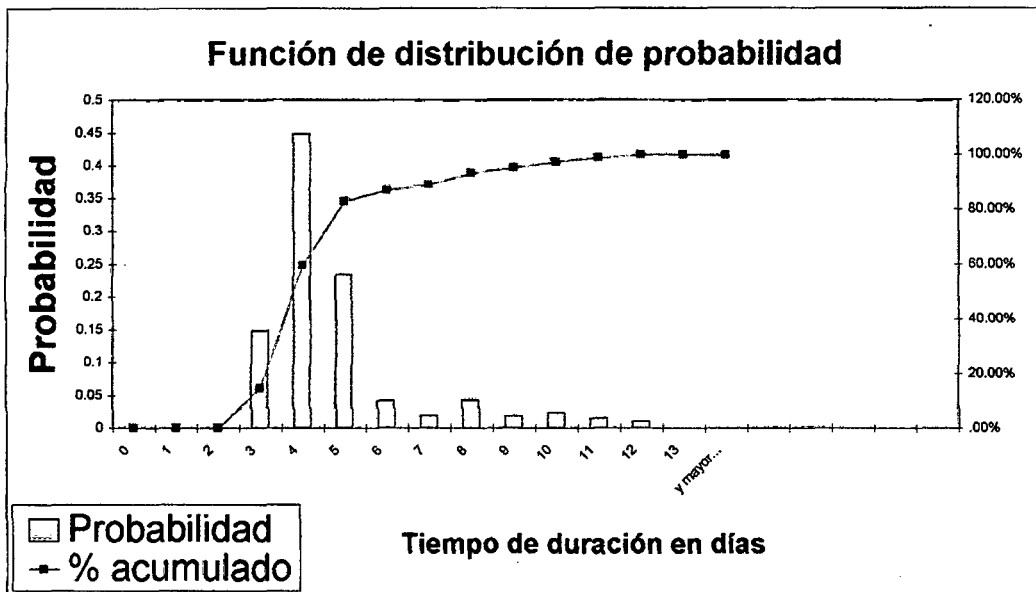
Clase	Frecuencia	% acumulado
2	0	0.00%
3	0	0.00%
4	157	15.70%
5	460	61.70%
6	218	83.50%
7	52	88.70%
8	51	93.80%
9	25	96.30%
10	13	97.60%
11	15	99.10%
12	9	100.00%
13	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%

ALEATORIO MUESTRA

0.274315	5.00
0.274996	5.00
0.420388	5.00
0.725606	6.00
0.586604	5.00
0.388831	5.00
0.380503	5.00
0.732123	6.00
0.782772	6.00
0.037389	4.00
0.295535	5.00
0.321023	5.00
0.069391	4.00
0.098859	4.00
0.246997	5.00
0.513097	5.00
0.058875	4.00
0.683644	6.00
0.625191	6.00
0.645968	6.00
0.049952	4.00

Columna 1	
Media	5.581
Error típico	0.046814855
Mediana	5
Moda	5
Desviación estándar	1.480415695
Varianza de la muestra	2.191630631
Curtosis	4.557707781
Coefficiente de asimetría	1.99044462
Rango	8
Mínimo	4
Máximo	12
Suma	5581
Cuenta	1000

**DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DEL TIEMPO DE EJECUCION DE LOS MUROS DE TABIQUERIA**



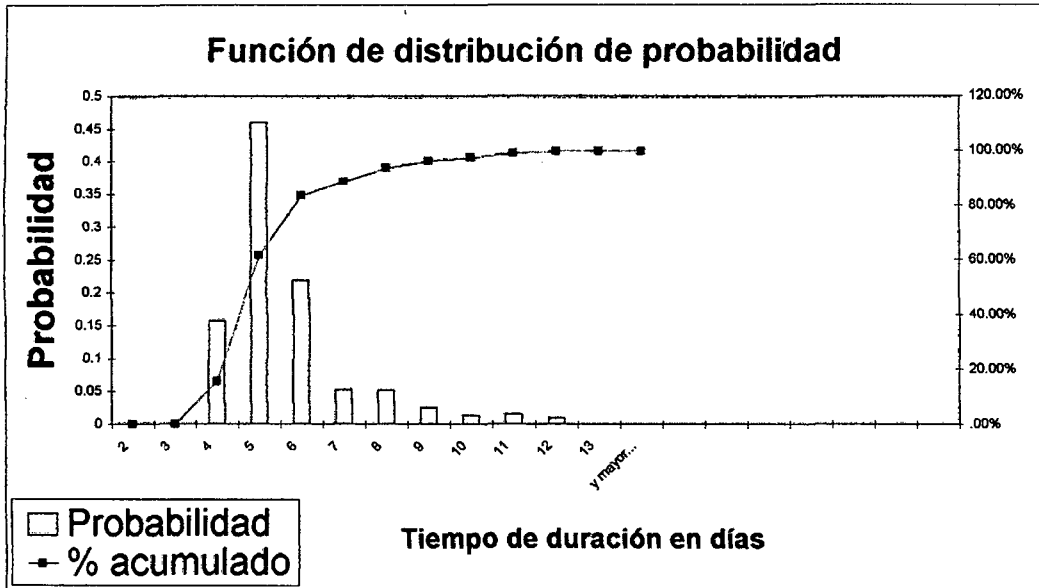
Probabilidad	RANGO	TIEMPO
0.0242	0.0000	0.0242
0.1155	0.0242	0.1397
0.1546	0.1397	0.2943
0.1677	0.2943	0.4620
0.1546	0.4620	0.6166
0.1285	0.6166	0.7452
0.0894	0.7452	0.8346
0.0417	0.8346	0.8763
0.0209	0.8763	0.8972
0.0346	0.8972	0.9318
0.0242	0.9318	0.9560
0.0190	0.9560	0.9750
0.0138	0.9750	0.9888
0.0112	0.9888	1.0000

Clase	Frecuencia	% acumulado
0	0	.00%
1	0	.00%
2	0	.00%
3	148	14.80%
4	448	59.60%
5	234	83.00%
6	42	87.20%
7	19	89.10%
8	43	93.40%
9	18	95.20%
10	23	97.50%
11	15	99.00%
12	10	100.00%
13	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%

ALEATORIO	MUESTRA
0.364029	4.00
0.134091	3.00
0.677442	5.00
0.586163	4.00
0.105338	3.00
0.496925	4.00
0.904146	8.00
0.411655	4.00
0.051408	3.00
0.247432	4.00
0.596621	4.00
0.636991	5.00
0.044408	3.00
0.963755	10.00
0.594975	4.00
0.856833	6.00
0.729580	5.00
0.762272	5.00
0.387883	4.00
0.203428	4.00
0.211163	4.00

Columna 1	
Media	4.880761523
Error típico	0.061870246
Mediana	4
Moda	4
Desviación estándar	1.954551467
Varianza de la muestra	3.820271436
Curtosis	3.287841826
Coefficiente de asimetría	1.933773966
Rango	9
Mínimo	3
Máximo	12
Suma	4871
Cuenta	998

**DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DEL TIEMPO DE EJECUCION  
 DEL TARRAJEO DE CIELO RASO E INTERIORES**



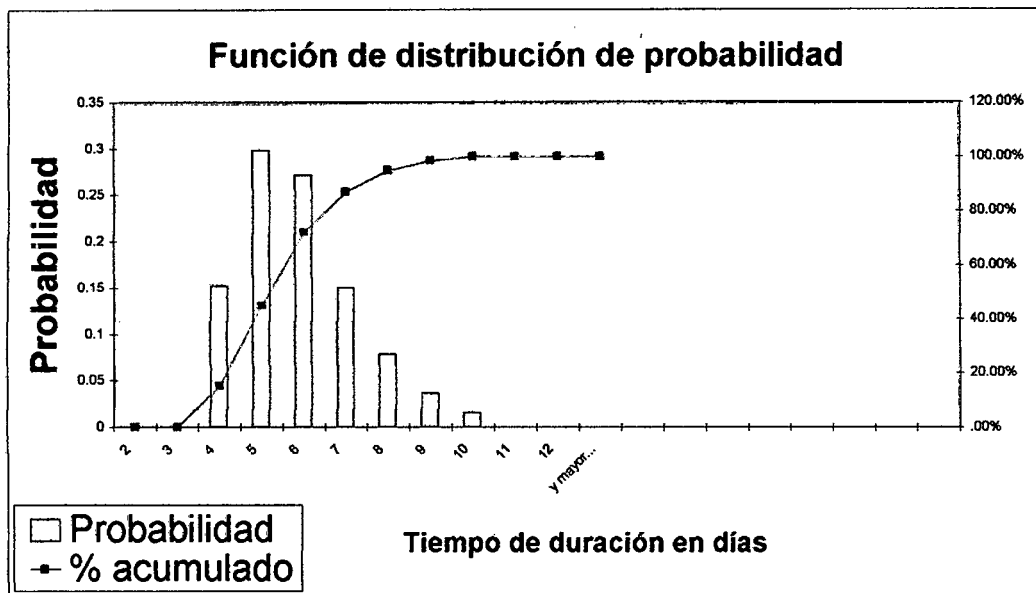
Probabilidad	RANGO	TIEMPO
0.0242	0.0000	0.0242
0.1155	0.0242	0.1397
0.1546	0.1397	0.2943
0.1677	0.2943	0.4620
0.1546	0.4620	0.6166
0.1285	0.6166	0.7452
0.0894	0.7452	0.8346
0.0417	0.8346	0.8763
0.0209	0.8763	0.8972
0.0346	0.8972	0.9318
0.0242	0.9318	0.9560
0.0190	0.9560	0.9750
0.0138	0.9750	0.9888
0.0112	0.9888	1.0000

Clase	Frecuencia	% acumulado
2	0	0.00%
3	0	0.00%
4	157	15.70%
5	460	61.70%
6	218	83.50%
7	52	88.70%
8	51	93.80%
9	25	96.30%
10	13	97.60%
11	15	99.10%
12	9	100.00%
13	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%

ALEATORIO	MUESTRA
0.007004	4.00
0.726814	6.00
0.937710	9.00
0.421522	5.00
0.498212	5.00
0.033295	4.00
0.962262	10.00
0.661512	6.00
0.797455	6.00
0.152207	5.00
0.464426	5.00
0.796267	6.00
0.772428	6.00
0.483788	5.00
0.200504	5.00
0.513576	5.00
0.017286	4.00
0.771409	6.00
0.788510	6.00
0.187335	5.00
0.274408	5.00

Columna 1	
Media	5.643
Error típico	0.048640692
Mediana	5
Moda	5
Desviación estándar	1.538153736
Varianza de la muestra	2.366916917
Curtosis	5.188690609
Coefficiente de asimetría	2.072044649
Rango	8
Mínimo	4
Máximo	12
Suma	5643
Cuenta	1000

**DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DEL TIEMPO DE EJECUCION DE LAS ESTRUCTURAS (CASCO) DEL PISO 20**



Probabilidad	RANGO	TIEMPO	
0.0232	0.0000	0.0232	3.5
0.1107	0.0232	0.1339	4
0.1482	0.1339	0.2821	4.5
0.1607	0.2821	0.4429	5
0.1482	0.4429	0.5911	5.5
0.1232	0.5911	0.7143	6
0.0857	0.7143	0.8000	6.5
0.0582	0.8000	0.8582	7
0.0432	0.8582	0.9014	7.5
0.0332	0.9014	0.9346	8
0.0232	0.9346	0.9579	8.5
0.0182	0.9579	0.9761	9
0.0132	0.9761	0.9893	9.5
0.0107	0.9893	1.0000	10

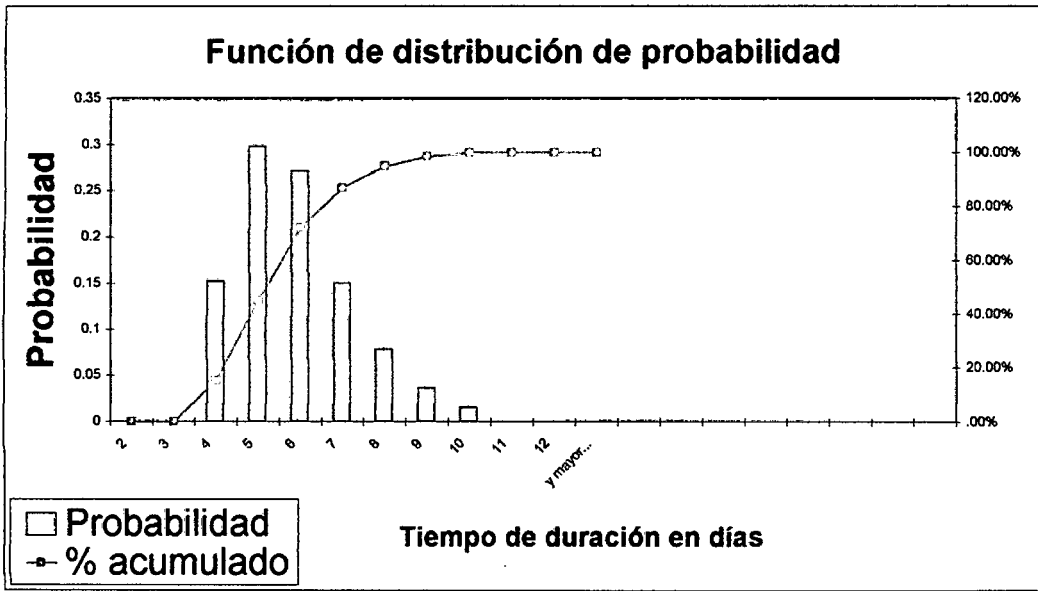
Clase	Frecuencia	% acumulado
2	0	.00%
3	0	.00%
4	152	15.20%
5	298	45.00%
6	271	72.10%
7	150	87.10%
8	78	94.90%
9	36	98.50%
10	15	100.00%
11	0	100.00%
12	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%

**ALEATORIO MUESTRA**

0.686740	6.00
0.436246	5.00
0.119309	4.00
0.841622	7.00
0.911696	8.00
0.147733	4.50
0.438341	5.00
0.186870	4.50
0.635752	6.00
0.610027	6.00
0.078175	4.00
0.463634	5.50
0.038118	4.00
0.104396	4.00
0.840387	7.00
0.982263	9.50
0.392407	5.00
0.467414	5.50
0.826286	7.00
0.159211	4.50
0.283833	5.00
0.956432	8.50
0.170648	4.50
0.954519	8.50
0.911150	8.00
0.398340	5.00
0.378633	5.00
0.909472	8.00
0.532561	5.50
0.640164	6.00
0.763707	6.50
0.953795	8.50

Columna 1	
Media	5.6315
Error típico	0.042523711
Mediana	5.5
Moda	5
Desviación estándar	1.34471782
Varianza de la muestra	1.808268015
Curtosis	0.274064706
Coficiente de asimetría	0.805774584
Rango	6.5
Mínimo	3.5
Máximo	10
Suma	5631.5
Cuenta	1000

**DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DEL TIEMPO DE EJECUCION DE LAS ESTRUCTURAS (CASCO) DEL PISO 18**



Probabilidad	RANGO		TIEMPO
0.0232	0.0000	0.0232	3.5
0.1107	0.0232	0.1339	4
0.1482	0.1339	0.2821	4.5
0.1607	0.2821	0.4429	5
0.1482	0.4429	0.5911	5.5
0.1232	0.5911	0.7143	6
0.0857	0.7143	0.8000	6.5
0.0582	0.8000	0.8582	7
0.0432	0.8582	0.9014	7.5
0.0332	0.9014	0.9346	8
0.0232	0.9346	0.9579	8.5
0.0182	0.9579	0.9761	9
0.0132	0.9761	0.9893	9.5
0.0107	0.9893	1.0000	10

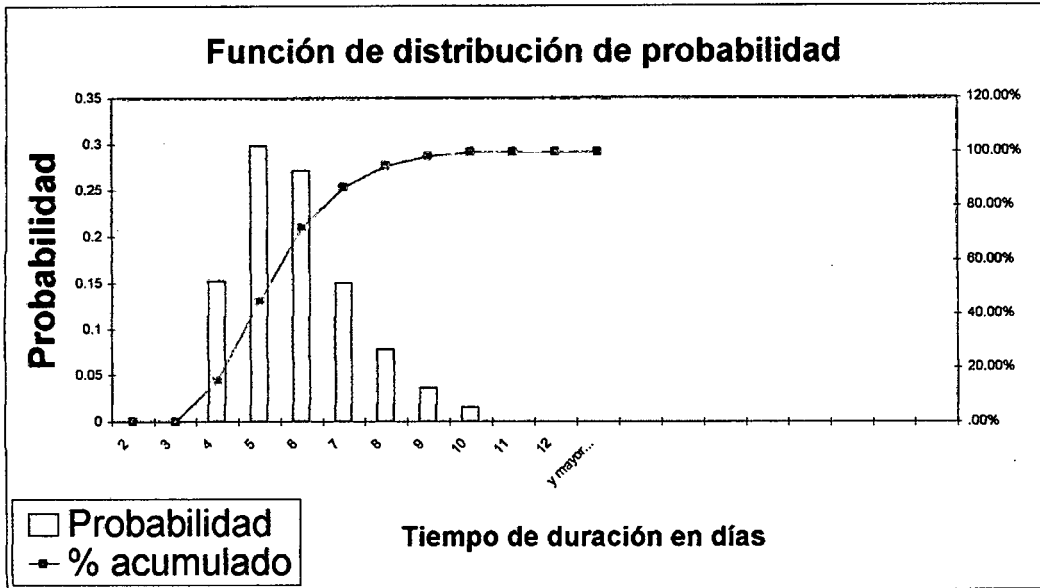
Clase	Frecuencia	% acumulado
2	0	0.00%
3	0	0.00%
4	152	15.20%
5	298	45.00%
6	271	72.10%
7	150	87.10%
8	78	94.90%
9	36	98.50%
10	15	100.00%
11	0	100.00%
12	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%

**ALEATORIO MUESTRA**

0.117014	4.00
0.167598	4.50
0.454686	5.50
0.607836	6.00
0.213859	4.50
0.645172	6.00
0.191121	4.50
0.563125	5.50
0.981240	9.50
0.314700	5.00
0.998416	10.00
0.225254	4.50
0.714705	6.50
0.207447	4.50
0.898228	7.50
0.805623	7.00
0.931474	8.00
0.955430	8.50
0.466603	5.50
0.234896	4.50
0.920591	8.00
0.540715	5.50
0.386716	5.00
0.380525	5.00
0.224183	4.50
0.823907	7.00
0.126449	4.00
0.506023	5.50
0.928455	8.00
0.075173	4.00
0.706650	6.00
0.167667	4.50

Columna 1	
Media	5.6315
Error típico	0.042523711
Mediana	5.5
Moda	5
Desviación estándar	1.34471782
Varianza de la muestra	1.808266016
Curtosis	0.274064706
Coefficiente de asimetría	0.805774584
Rango	6.5
Mínimo	3.5
Máximo	10
Suma	5631.5
Cuenta	1000

**DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DEL TIEMPO DE EJECUCION DE LAS ESTRUCTURAS (CASCO) DEL PISO 18**



Probabilidad	RANGO		TIEMPO
0.0232	0.0000	0.0232	3.5
0.1107	0.0232	0.1339	4
0.1482	0.1339	0.2821	4.5
0.1607	0.2821	0.4429	5
0.1482	0.4429	0.5911	5.5
0.1232	0.5911	0.7143	6
0.0857	0.7143	0.8000	6.5
0.0582	0.8000	0.8582	7
0.0432	0.8582	0.9014	7.5
0.0332	0.9014	0.9346	8
0.0232	0.9346	0.9579	8.5
0.0182	0.9579	0.9761	9
0.0132	0.9761	0.9893	9.5
0.0107	0.9893	1.0000	10

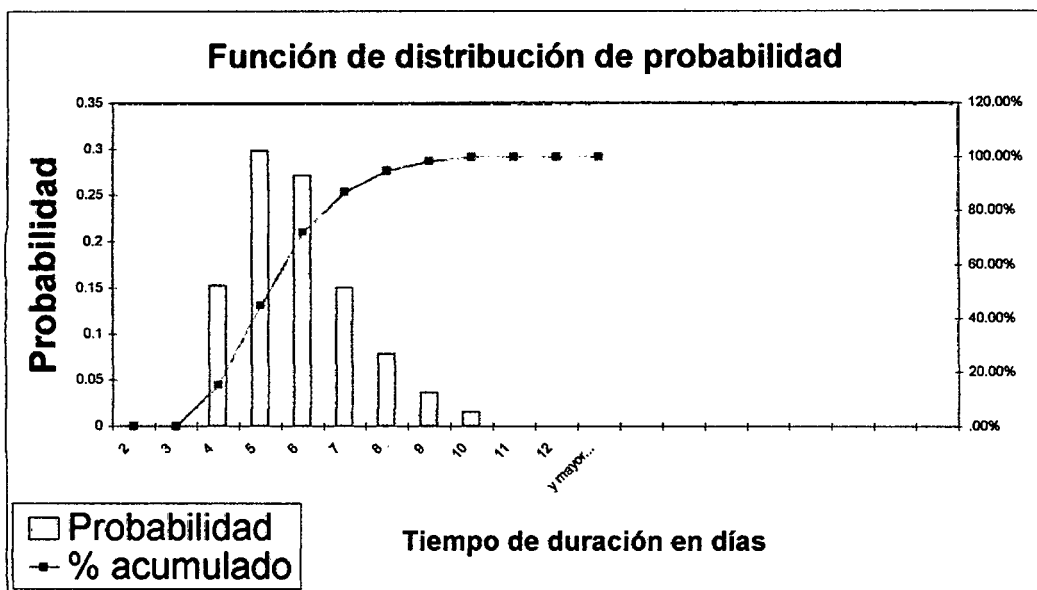
Clase	Frecuencia	% acumulado
2	0	0.00%
3	0	0.00%
4	152	15.20%
5	298	45.00%
6	271	72.10%
7	150	87.10%
8	78	94.90%
9	36	98.50%
10	15	100.00%
11	0	100.00%
12	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%

**ALEATORIO MUESTRA**

0.637578	6.00
0.790538	6.50
0.852889	7.00
0.943437	8.50
0.055916	4.00
0.459328	5.50
0.367230	5.00
0.201012	4.50
0.158325	4.50
0.816865	7.00
0.962823	9.00
0.594933	6.00
0.110265	4.00
0.618081	6.00
0.567956	5.50
0.655268	6.00
0.326152	5.00
0.052334	4.00
0.699048	6.00
0.381146	5.00
0.750192	6.50
0.264630	4.50
0.777011	6.50
0.033908	4.00
0.516249	5.50
0.713361	6.00
0.518888	5.50
0.156441	4.50
0.170334	4.50
0.351166	5.00
0.777504	6.50
0.246468	4.50

Columna 1	
Media	5.6315
Error típico	0.042523711
Mediana	5.5
Moda	5
Desviación estándar	1.34471782
Varianza de la muestra	1.808266016
Curtosis	0.274064706
Coficiente de asimetría	0.805774584
Rango	6.5
Mínimo	3.5
Máximo	10
Suma	5631.5
Cuenta	1000

**DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DEL TIEMPO DE EJECUCION DE LAS ESTRUCTURAS (CASCO) DEL PISO 17**



Probabilidad	RANGO		TIEMPO
0.0232	0.0000	0.0232	3.5
0.1107	0.0232	0.1339	4
0.1482	0.1339	0.2821	4.5
0.1607	0.2821	0.4429	5
0.1482	0.4429	0.5911	5.5
0.1232	0.5911	0.7143	6
0.0857	0.7143	0.8000	6.5
0.0582	0.8000	0.8582	7
0.0432	0.8582	0.9014	7.5
0.0332	0.9014	0.9346	8
0.0232	0.9346	0.9579	8.5
0.0182	0.9579	0.9761	9
0.0132	0.9761	0.9893	9.5
0.0107	0.9893	1.0000	10

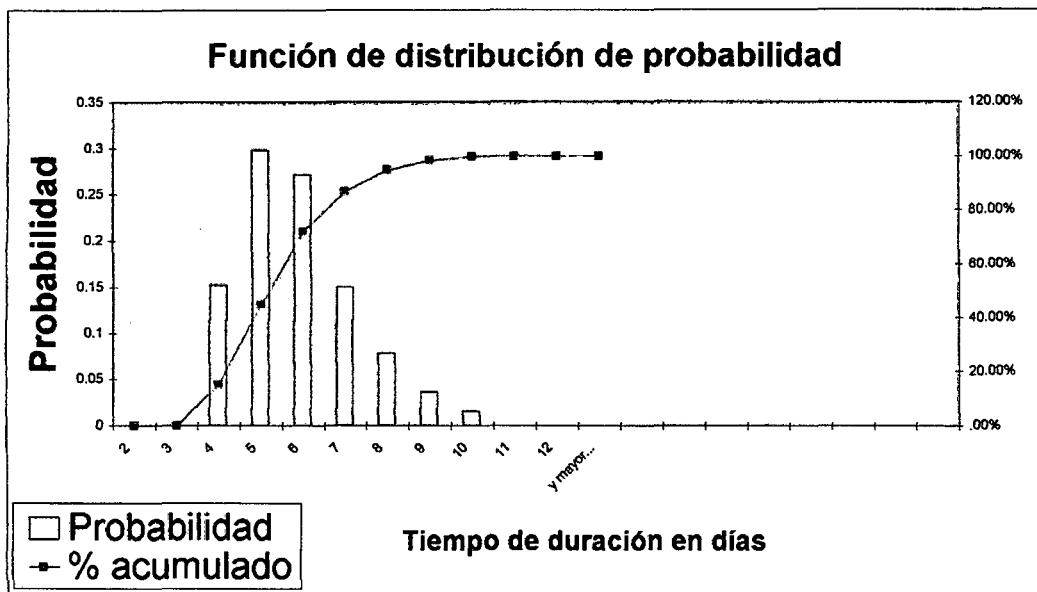
Clase	Frecuencia	% acumulado
2	0	0.00%
3	0	0.00%
4	152	15.20%
5	298	45.00%
6	271	72.10%
7	150	87.10%
8	78	94.90%
9	36	98.50%
10	15	100.00%
11	0	100.00%
12	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%

**ALEATORIO MUESTRA**

0.006636	3.50
0.761609	6.50
0.600601	6.00
0.111551	4.00
0.509690	5.50
0.542201	5.50
0.726216	6.50
0.193427	4.50
0.605052	6.00
0.386089	5.00
0.906136	8.00
0.237959	4.50
0.686407	5.50
0.502950	5.50
0.469644	5.50
0.603625	6.00
0.800662	7.00
0.426891	5.00
0.906306	8.00
0.770136	6.50
0.415437	5.00
0.896319	7.50
0.826324	7.00
0.646984	6.00
0.499173	5.50
0.520600	5.50
0.747525	6.50
0.280680	4.50
0.370889	5.00
0.226547	4.50
0.643985	6.00
0.314420	5.00

Columna 1	
Media	5.8315
Error típico	0.042523711
Mediana	5.5
Moda	5
Desviación estándar	1.34471782
Varianza de la muestra	1.808266016
Curtosis	0.274064706
Coefficiente de asimetría	0.805774584
Rango	6.5
Mínimo	3.5
Máximo	10
Suma	5631.5
Cuenta	1000

**DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DEL TIEMPO DE EJECUCION DE LAS ESTRUCTURAS (CASCO) DEL PISO 16**



Probabilidad	RANGO	TIEMPO
0.0232	0.0000	0.0232
0.1107	0.0232	0.1339
0.1482	0.1339	0.2821
0.1607	0.2821	0.4429
0.1482	0.4429	0.5911
0.1232	0.5911	0.7143
0.0857	0.7143	0.8000
0.0582	0.8000	0.8582
0.0432	0.8582	0.9014
0.0332	0.9014	0.9346
0.0232	0.9346	0.9579
0.0182	0.9579	0.9761
0.0132	0.9761	0.9893
0.0107	0.9893	1.0000

Clase	Frecuencia	% acumulado
2	0	0.00%
3	0	0.00%
4	152	15.20%
5	298	45.00%
6	271	72.10%
7	150	87.10%
8	78	94.90%
9	36	98.50%
10	15	100.00%
11	0	100.00%
12	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%

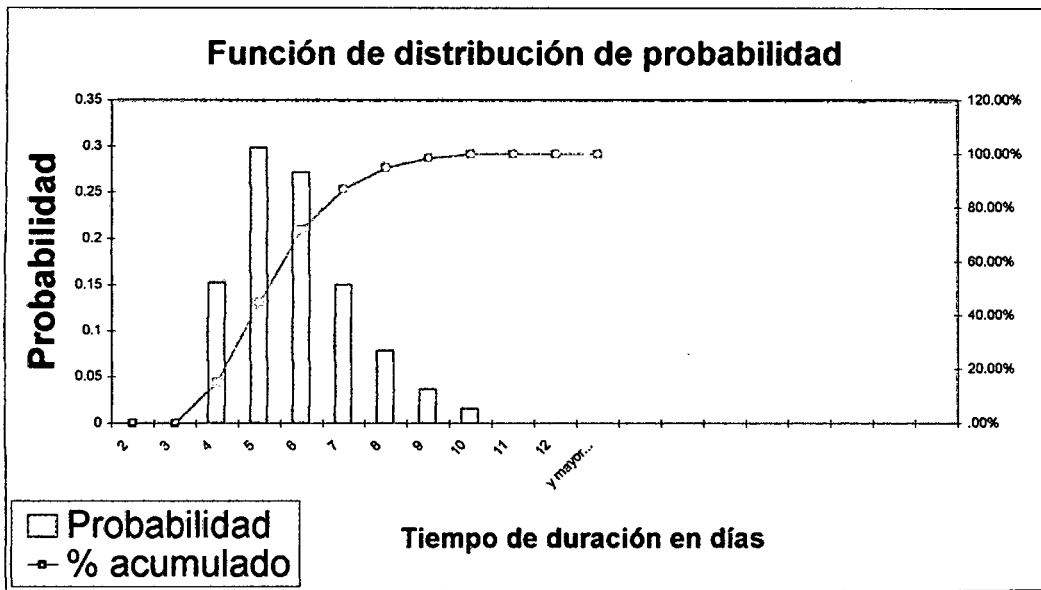
**ALEATORIO MUESTRA**

0.646278	6.00
0.211417	4.50
0.281732	4.50
0.522996	5.50
0.672568	6.00
0.229516	4.50
0.770708	6.50
0.734046	6.50
0.116387	4.00
0.815210	7.00
0.655015	6.00
0.628461	6.00
0.120427	4.00
0.257900	4.50
0.821496	7.00
0.799976	6.50
0.292717	5.00
0.566853	5.50
0.525956	5.50
0.117279	4.00
0.020782	3.50
0.460580	5.50
0.511380	5.50
0.339933	5.00
0.717868	6.50
0.488886	5.50
0.071995	4.00
0.989290	10.00
0.137354	4.50
0.965735	9.00
0.090726	4.00
0.183960	4.50

Columna f	
Media	5.6315
Error típico	0.042523711
Mediana	5.5
Moda	5
Desviación estándar	1.34471782
Varianza de la muestra	1.808265016
Curtosis	0.274064706
Coefficiente de asimetría	0.805774584
Rango	6.5
Mínimo	3.5
Máximo	10
Suma	5631.5
Cuenta	1000



**DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DEL TIEMPO DE EJECUCION DE LAS ESTRUCTURAS (CASCO) DEL PISO 15**



Probabilidad	RANGO		TIEMPO
0.0232	0.0000	0.0232	3.5
0.1107	0.0232	0.1339	4
0.1482	0.1339	0.2821	4.5
0.1607	0.2821	0.4429	5
0.1482	0.4429	0.5911	5.5
0.1232	0.5911	0.7143	6
0.0857	0.7143	0.8000	6.5
0.0582	0.8000	0.8582	7
0.0432	0.8582	0.9014	7.5
0.0332	0.9014	0.9346	8
0.0232	0.9346	0.9579	8.5
0.0182	0.9579	0.9761	9
0.0132	0.9761	0.9893	9.5
0.0107	0.9893	1.0000	10

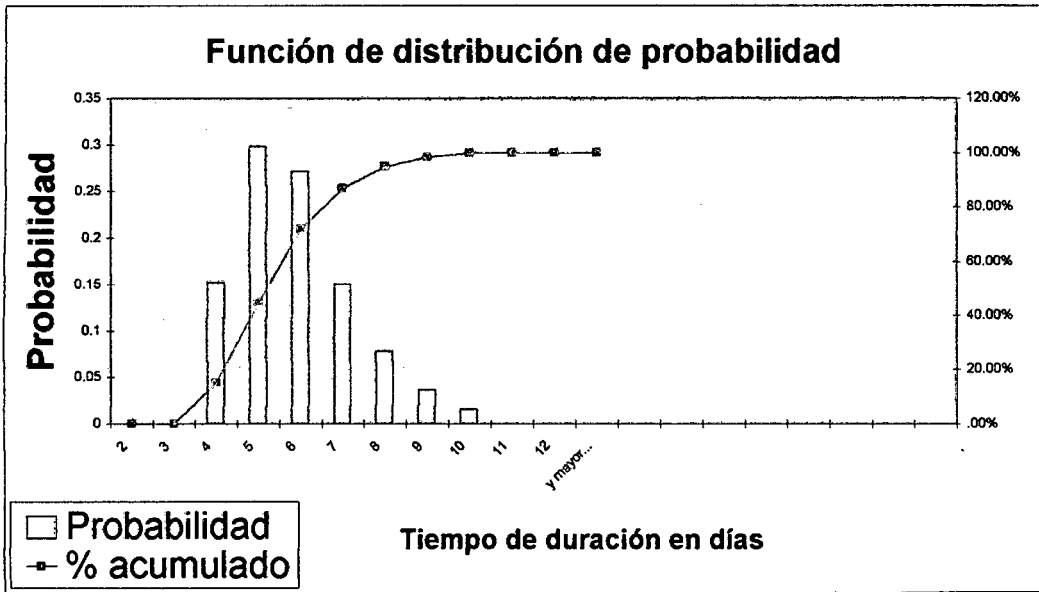
Clase	Frecuencia	% acumulado
2	0	.00%
3	0	.00%
4	152	15.20%
5	298	45.00%
6	271	72.10%
7	150	87.10%
8	78	94.90%
9	36	98.50%
10	15	100.00%
11	0	100.00%
12	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%

**ALEATORIO MUESTRA**

0.795336	6.50
0.825642	7.00
0.541225	5.50
0.338084	5.00
0.688887	6.00
0.665616	6.00
0.600271	6.00
0.281086	4.50
0.424037	5.00
0.060184	4.00
0.029234	4.00
0.705315	6.00
0.508450	5.50
0.542236	5.50
0.054042	4.00
0.440557	5.00
0.180367	4.50
0.161836	4.50
0.636146	6.00
0.458814	5.50
0.279425	4.50
0.875227	7.50
0.426317	5.00
0.270245	4.50
0.494214	5.50
0.192272	4.50
0.565998	5.50
0.703981	6.00
0.545045	5.50
0.107403	4.00
0.992964	10.00
0.106711	4.00

Columna 1	
Media	5.6315
Error típico	0.042523711
Mediana	5.5
Moda	5
Desviación estándar	1.34471782
Varianza de la muestra	1.808286016
Curtosis	0.274064706
Coefficiente de asimetría	0.805774584
Rango	6.5
Mínimo	3.5
Máximo	10
Suma	5631.5
Cuenta	1000

**DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DEL TIEMPO DE EJECUCION DE LAS ESTRUCTURAS (CASCO) DEL PISO 14**



Probabilidad	RANGO	TIEMPO
0.0232	0.0000	0.0232
0.1107	0.0232	0.1339
0.1482	0.1339	0.2821
0.1607	0.2821	0.4429
0.1482	0.4429	0.5911
0.1232	0.5911	0.7143
0.0857	0.7143	0.8000
0.0582	0.8000	0.8582
0.0432	0.8582	0.9014
0.0332	0.9014	0.9346
0.0232	0.9346	0.9579
0.0182	0.9579	0.9761
0.0132	0.9761	0.9893
0.0107	0.9893	1.0000

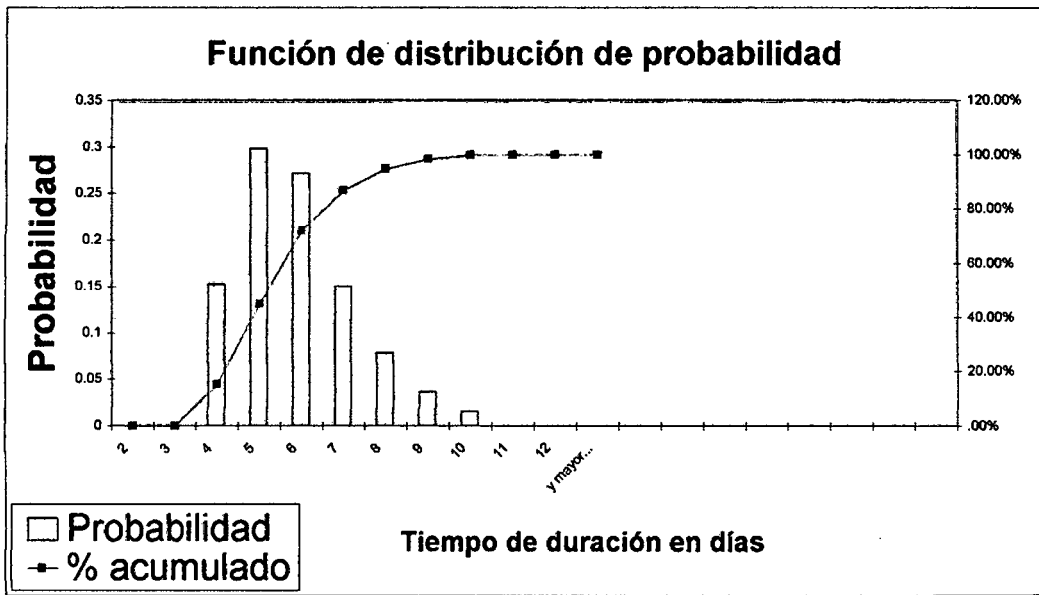
Clase	Frecuencia	% acumulado
2	0	0.00%
3	0	0.00%
4	152	15.20%
5	298	45.00%
6	271	72.10%
7	150	87.10%
8	78	94.90%
9	36	98.50%
10	15	100.00%
11	0	100.00%
12	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%

**ALEATORIO MUESTRA**

0.534948	5.50
0.482924	5.50
0.499187	5.50
0.314847	5.00
0.394004	5.00
0.771100	6.50
0.439834	5.00
0.738650	6.50
0.433959	5.00
0.367378	5.00
0.475644	5.50
0.738766	6.50
0.701336	6.00
0.986159	9.50
0.283375	5.00
0.746969	6.50
0.788701	6.50
0.111630	4.00
0.772723	6.50
0.353674	5.00
0.944908	8.50
0.362897	5.00
0.589853	5.50
0.044015	4.00
0.846992	7.00
0.479136	5.50
0.439777	5.00
0.511243	5.50
0.399925	5.00
0.913506	8.00
0.680210	6.00
0.834995	7.00

Columna1	
Media	5.6315
Error típico	0.042523711
Mediana	5.5
Moda	5
Desviación estándar	1.34471782
Varianza de la muestra	1.808266016
Curtosis	0.274064706
Coficiente de asimetría	0.805774584
Rango	6.5
Mínimo	3.5
Máximo	10
Suma	5631.5
Cuenta	1000

**DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DEL TIEMPO DE EJECUCION DE LAS ESTRUCTURAS (CASCO) DEL PISO 12**



Probabilidad	RANGO	TIEMPO
0.0232	0.0000	0.0232
0.1107	0.0232	0.1339
0.1482	0.1339	0.2821
0.1607	0.2821	0.4429
0.1482	0.4429	0.5911
0.1232	0.5911	0.7143
0.0857	0.7143	0.8000
0.0582	0.8000	0.8582
0.0432	0.8582	0.9014
0.0332	0.9014	0.9346
0.0232	0.9346	0.9579
0.0182	0.9579	0.9761
0.0132	0.9761	0.9893
0.0107	0.9893	1.0000

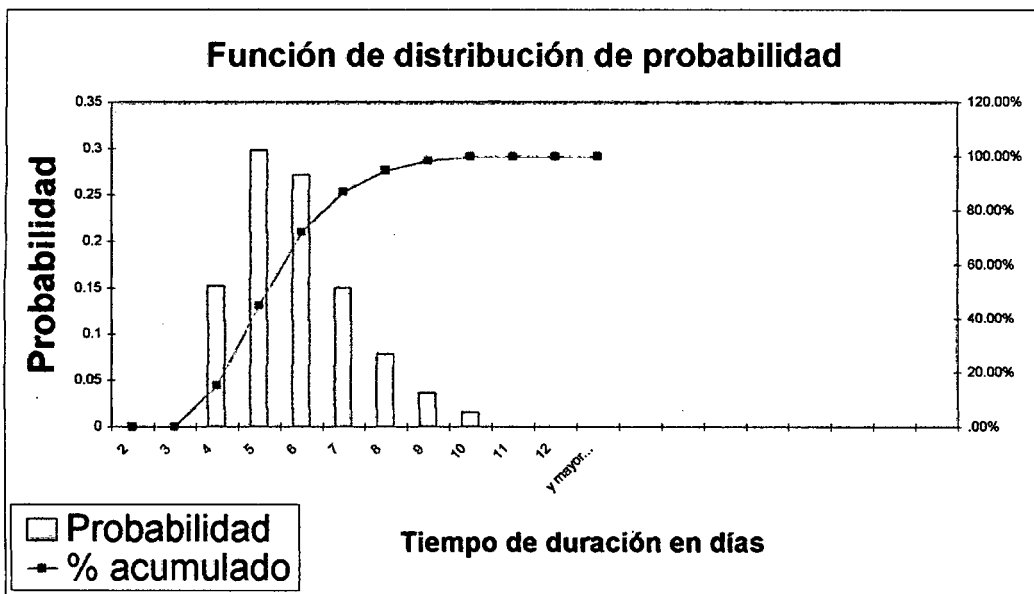
Clase	Frecuencia	% acumulado
2	0	.00%
3	0	.00%
4	152	15.20%
5	298	45.00%
6	271	72.10%
7	150	87.10%
8	78	94.90%
9	36	98.50%
10	15	100.00%
11	0	100.00%
12	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%

**ALEATORIO MUESTRA**

- 0.255412 4.50
- 0.376025 5.00
- 0.041422 4.00
- 0.864649 7.50
- 0.922088 8.00
- 0.695848 6.00
- 0.329841 5.00
- 0.025748 4.00
- 0.918226 8.00
- 0.063314 4.00
- 0.197766 4.50
- 0.059628 4.00
- 0.810663 7.00
- 0.842648 7.00
- 0.373271 5.00
- 0.128815 4.00
- 0.966171 9.00
- 0.983440 9.50
- 0.003146 3.50
- 0.520583 5.50
- 0.984567 9.50
- 0.914136 8.00
- 0.439794 5.00
- 0.372674 5.00
- 0.185738 4.50
- 0.589568 5.50
- 0.810478 7.00
- 0.870441 7.50
- 0.967053 9.00
- 0.338530 5.00
- 0.192327 4.50
- 0.942375 8.50

Columna1	
Media	5.6315
Error típico	0.042523711
Mediana	5.5
Moda	5
Desviación estándar	1.34471782
Varianza de la muestra	1.808266018
Curtosis	0.274064706
Coefficiente de asimetría	0.805774584
Rango	6.5
Mínimo	3.5
Máximo	10
Suma	5631.5
Cuenta	1000

**DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DEL TIEMPO DE EJECUCION DE LAS ESTRUCTURAS (CASCO) DEL PISO 11**



Probabilidad	RANGO	TIEMPO	
0.0232	0.0000	0.0232	3.5
0.1107	0.0232	0.1339	4
0.1482	0.1339	0.2821	4.5
0.1607	0.2821	0.4429	5
0.1482	0.4429	0.5911	5.5
0.1232	0.5911	0.7143	6
0.0857	0.7143	0.8000	6.5
0.0582	0.8000	0.8582	7
0.0432	0.8582	0.9014	7.5
0.0332	0.9014	0.9346	8
0.0232	0.9346	0.9579	8.5
0.0182	0.9579	0.9761	9
0.0132	0.9761	0.9893	9.5
0.0107	0.9893	1.0000	10

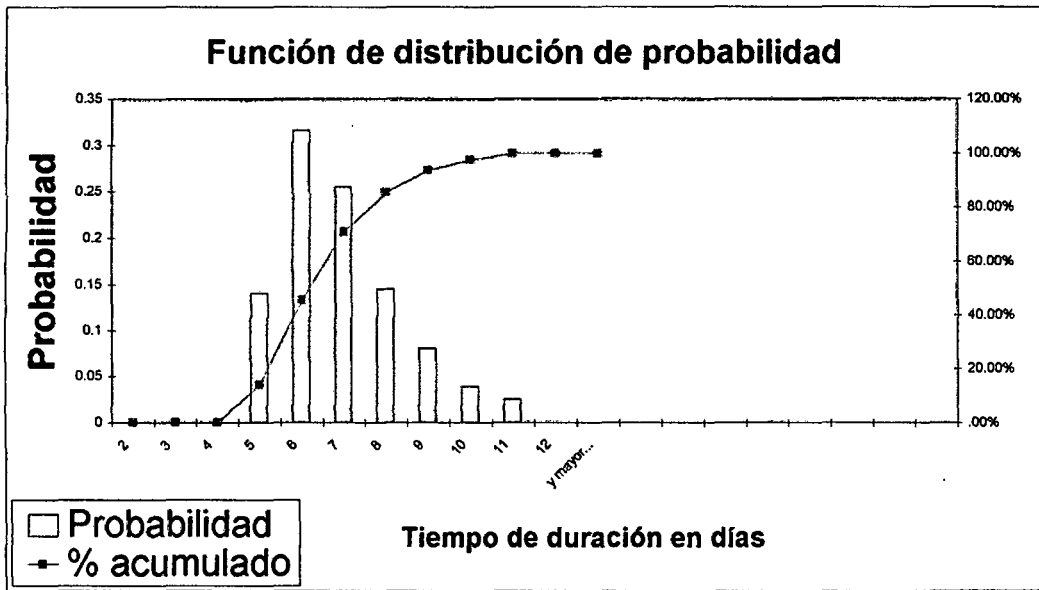
Clase	Frecuencia	% acumulado
2	0	.00%
3	0	.00%
4	152	15.20%
5	298	45.00%
6	271	72.10%
7	150	87.10%
8	78	94.90%
9	36	98.50%
10	15	100.00%
11	0	100.00%
12	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%

**ALEATORIO MUESTRA**

0.689534	6.00
0.312883	5.00
0.367411	5.00
0.860545	7.50
0.484583	5.50
0.843675	7.00
0.320331	5.00
0.283536	5.00
0.633828	6.00
0.275977	4.50
0.145535	4.50
0.170541	4.50
0.583926	5.50
0.660123	6.00
0.572338	5.50
0.387185	5.00
0.778497	6.50
0.769961	6.50
0.012717	3.50
0.726792	6.50
0.176161	4.50
0.899245	7.50
0.294652	5.00
0.880805	7.50
0.742866	6.50
0.518916	5.50
0.010985	3.50
0.384136	5.00
0.505267	5.50
0.190498	4.50
0.529261	5.50
0.500946	5.50

Columna 1	
Media	5.6315
Error típico	0.042523711
Mediana	5.5
Moda	5
Desviación estándar	1.34471782
Varianza de la muestra	1.808266016
Curtosis	0.274064706
Coefficiente de asimetría	0.805774584
Rango	6.5
Mínimo	3.5
Máximo	10
Suma	5631.5
Cuenta	1000

**DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DEL TIEMPO DE EJECUCION DE LAS ESTRUCTURAS (CASCO) DEL DECIMO PISO**



Probabilidad	RANGO	TIEMPO
0.0232	0.0000	0.0232
0.1107	0.0232	0.1339
0.1482	0.1339	0.2821
0.1607	0.2821	0.4429
0.1482	0.4429	0.5911
0.1232	0.5911	0.7143
0.0857	0.7143	0.8000
0.0582	0.8000	0.8582
0.0432	0.8582	0.9014
0.0332	0.9014	0.9346
0.0232	0.9346	0.9579
0.0182	0.9579	0.9761
0.0132	0.9761	0.9893
0.0107	0.9893	1.0000

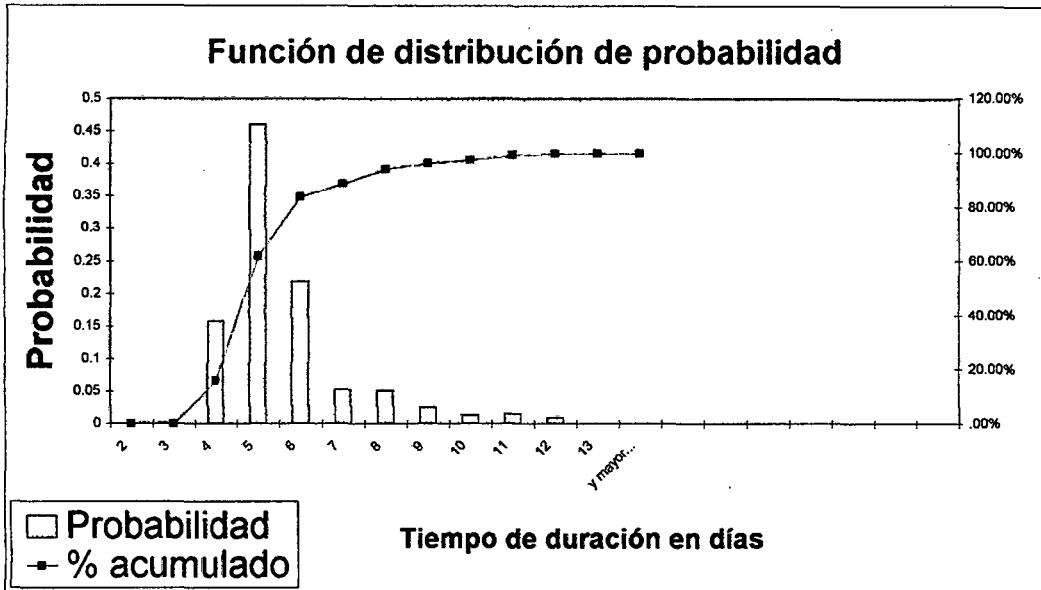
Clase	Frecuencia	% acumulado
2	0	0.00%
3	0	0.00%
4	0	0.00%
5	140	14.00%
6	316	45.60%
7	255	71.10%
8	145	85.60%
9	80	93.60%
10	39	97.50%
11	25	100.00%
12	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%

**ALEATORIO MUESTRA**

0.378552	6.00
0.288044	6.00
0.855725	8.00
0.969315	10.00
0.798581	7.50
0.535432	6.50
0.009817	4.50
0.905858	9.00
0.154651	5.50
0.739108	7.50
0.442491	6.00
0.005952	4.50
0.007410	4.50
0.293956	6.00
0.206233	5.50
0.124897	5.00
0.358891	6.00
0.873624	8.50
0.901515	9.00
0.907496	9.00
0.837217	8.00
0.445963	6.50
0.106031	5.00
0.718154	7.50
0.005461	4.50
0.492480	6.50
0.013172	4.50
0.434448	6.00
0.285018	6.00
0.947280	9.50
0.530521	6.50
0.208392	5.50

Columna1	
Media	5.6315
Error típico	0.042523711
Mediana	5.5
Moda	5
Desviación estándar	1.34471782
Varianza de la muestra	1.808266016
Curiosis	0.274064706
Coefficiente de asimetría	0.805774584
Rango	6.5
Mínimo	3.5
Máximo	10
Suma	5631.5
Cuenta	1000

**DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DEL TIEMPO DE EJECUCION DE LA CARPINTERIA Y VIDRIOS**



Probabilidad	RANGO	TIEMPO
0.0242	0.0000	0.0242
0.1155	0.0242	0.1397
0.1546	0.1397	0.2943
0.1677	0.2943	0.4620
0.1546	0.4620	0.6166
0.1285	0.6166	0.7452
0.0894	0.7452	0.8346
0.0417	0.8346	0.8763
0.0209	0.8763	0.8972
0.0346	0.8972	0.9318
0.0242	0.9318	0.9560
0.0190	0.9560	0.9750
0.0138	0.9750	0.9888
0.0112	0.9888	1.0000

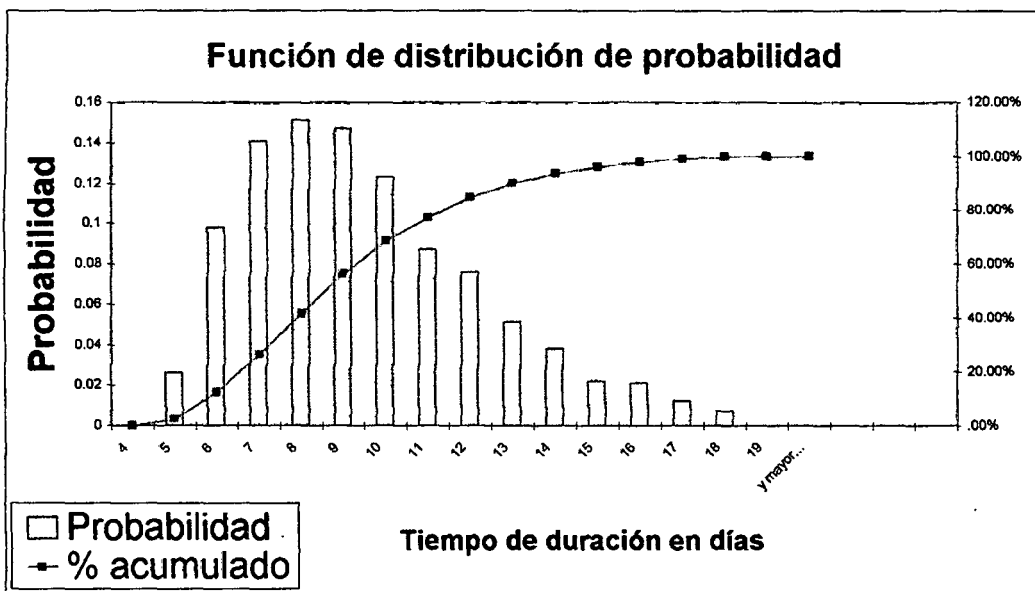
Clase	Frecuencia	% acumulado
2	0	0.00%
3	0	0.00%
4	157	15.70%
5	460	61.70%
6	218	83.50%
7	52	88.70%
8	51	93.80%
9	25	96.30%
10	13	97.60%
11	15	99.10%
12	9	100.00%
13	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%

**ALEATORIO MUESTRA**

0.666750	6.00
0.502393	5.00
0.982612	11.00
0.685676	6.00
0.939749	9.00
0.893693	7.00
0.331411	5.00
0.285818	5.00
0.010555	4.00
0.713747	6.00
0.072996	4.00
0.683132	6.00
0.503980	5.00
0.524502	5.00
0.535566	5.00
0.145368	5.00
0.620359	6.00
0.003751	4.00
0.116455	4.00
0.274166	5.00
0.572318	5.00

Columna 1	
Media	5.614228457
Error típico	0.04878899
Mediana	5
Moda	5
Desviación estándar	1.541299702
Varianza de la muestra	2.37560477
Curtosis	4.233152194
Coefficiente de asimetría	1.95030011
Rango	8
Mínimo	4
Máximo	12
Suma	5603
Cuenta	998

**DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DEL TIEMPO DE EJECUCION DE ACABADOS VARIOS**



Probabilidad	RANGO	TIEMPO
0.0228	0.0000	0.0228
0.1086	0.0228	0.1313
0.1454	0.1313	0.2767
0.1576	0.2767	0.4343
0.1454	0.4343	0.5797
0.1208	0.5797	0.7005
0.0883	0.7005	0.7888
0.0687	0.7888	0.8574
0.0490	0.8574	0.9065
0.0326	0.9065	0.9391
0.0196	0.9391	0.9587
0.0179	0.9587	0.9765
0.0130	0.9765	0.9895
0.0105	0.9895	1.0000

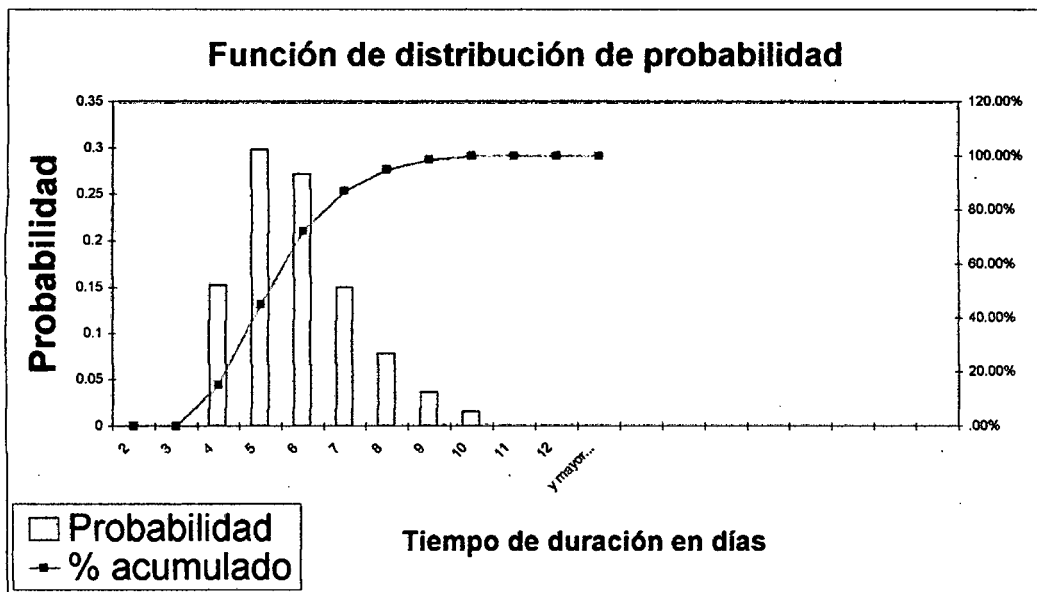
Clase	Frecuencia	% acumulado
4	0	0.00%
5	26	2.60%
6	98	12.40%
7	141	26.50%
8	151	41.60%
9	147	56.30%
10	123	68.60%
11	87	77.30%
12	76	84.90%
13	51	90.00%
14	38	93.80%
15	22	96.00%
16	21	98.10%
17	12	99.30%
18	7	100.00%
19	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%

**ALEATORIO MUESTRA**

0.163725	7.00
0.787484	11.00
0.563679	9.00
0.143222	7.00
0.526583	9.00
0.502554	9.00
0.096831	6.00
0.829811	12.00
0.309143	8.00
0.581220	10.00
0.804821	12.00
0.046269	6.00
0.369273	8.00
0.865823	13.00
0.964187	16.00
0.360765	8.00
0.022822	6.00
0.394343	8.00
0.231585	7.00
0.356686	8.00
0.030211	6.00

Columna 1	
Media	9.423
Error típico	0.089106739
Mediana	9
Moda	8
Desviación estándar	2.817802515
Varianza de la muestra	7.940011011
Curtosis	0.556890296
Coefficiente de asimetría	0.887171257
Rango	13
Mínimo	5
Máximo	18
Suma	9423
Cuenta	1000

**DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DEL TIEMPO DE EJECUCION DE LAS ESTRUCTURAS (CASCO) DEL PISO 9**



Probabilidad	RANGO	TIEMPO
0.0232	0.0000	0.0232
0.1107	0.0232	0.1339
0.1482	0.1339	0.2821
0.1607	0.2821	0.4429
0.1482	0.4429	0.5911
0.1232	0.5911	0.7143
0.0857	0.7143	0.8000
0.0582	0.8000	0.8582
0.0432	0.8582	0.9014
0.0332	0.9014	0.9346
0.0232	0.9346	0.9579
0.0182	0.9579	0.9761
0.0132	0.9761	0.9893
0.0107	0.9893	1.0000

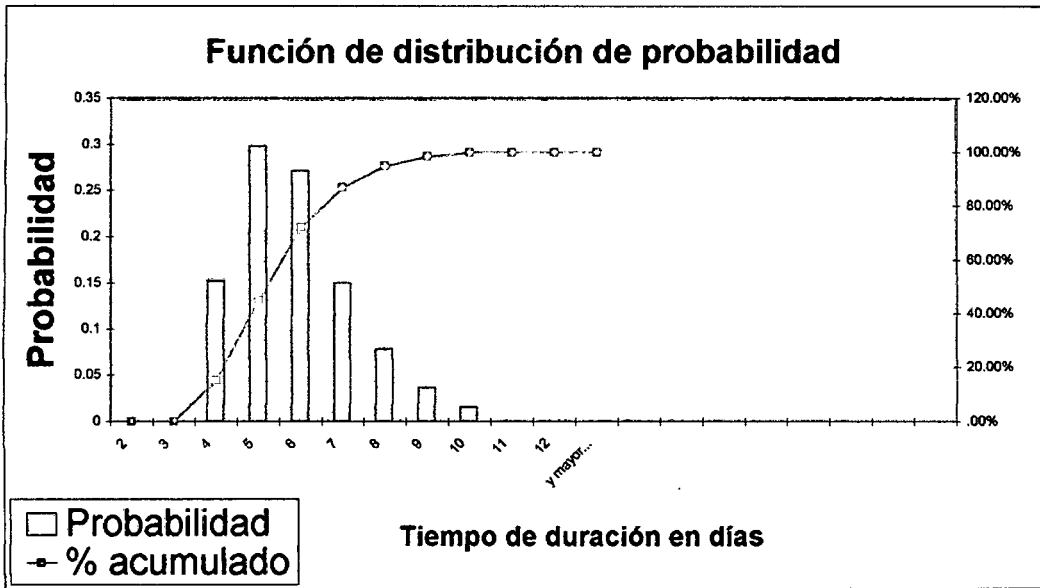
Clase	Frecuencia	% acumulado
2	0	.00%
3	0	.00%
4	152	15.20%
5	298	45.00%
6	271	72.10%
7	150	87.10%
8	78	94.90%
9	36	98.50%
10	15	100.00%
11	0	100.00%
12	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%

ALEATORIO	MUESTRA
0.084017	5.00
0.570766	6.50
0.448731	6.50
0.809819	8.00
0.672401	7.00
0.327997	6.00
0.699913	7.00
0.281063	5.50
0.071565	5.00
0.683977	7.00
0.804022	8.00
0.197996	5.50
0.898262	8.50
0.577287	6.50
0.270305	5.50
0.306357	6.00
0.416048	6.00
0.086223	5.00
0.580884	6.50
0.217059	5.50
0.554424	6.50
0.029935	5.00
0.318833	6.00
0.780145	7.50
0.951892	9.50
0.516905	6.50
0.159125	5.50
0.800366	8.00
0.663028	7.00
0.812354	8.00
0.442867	6.50
0.635116	7.00

Columna 1	
Media	5.6315
Error típico	0.042523711
Mediana	5.5
Moda	5
Desviación estándar	1.34471782
Varianza de la muestra	1.808266016
Curtosis	0.274064706
Coefficiente de asimetría	0.805774584
Rango	6.5
Mínimo	3.5
Máximo	10
Suma	5631.5
Cuenta	1000



**DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DEL TIEMPO DE EJECUCION DE LAS ESTRUCTURAS (CASCO) DEL PISO 13**



Probabilidad	RANGO		TIEMPO
0.0232	0.0000	0.0232	3.5
0.1107	0.0232	0.1339	4
0.1482	0.1339	0.2821	4.5
0.1607	0.2821	0.4429	5
0.1482	0.4429	0.5911	5.5
0.1232	0.5911	0.7143	6
0.0857	0.7143	0.8000	6.5
0.0582	0.8000	0.8582	7
0.0432	0.8582	0.9014	7.5
0.0332	0.9014	0.9346	8
0.0232	0.9346	0.9579	8.5
0.0182	0.9579	0.9761	9
0.0132	0.9761	0.9893	9.5
0.0107	0.9893	1.0000	10

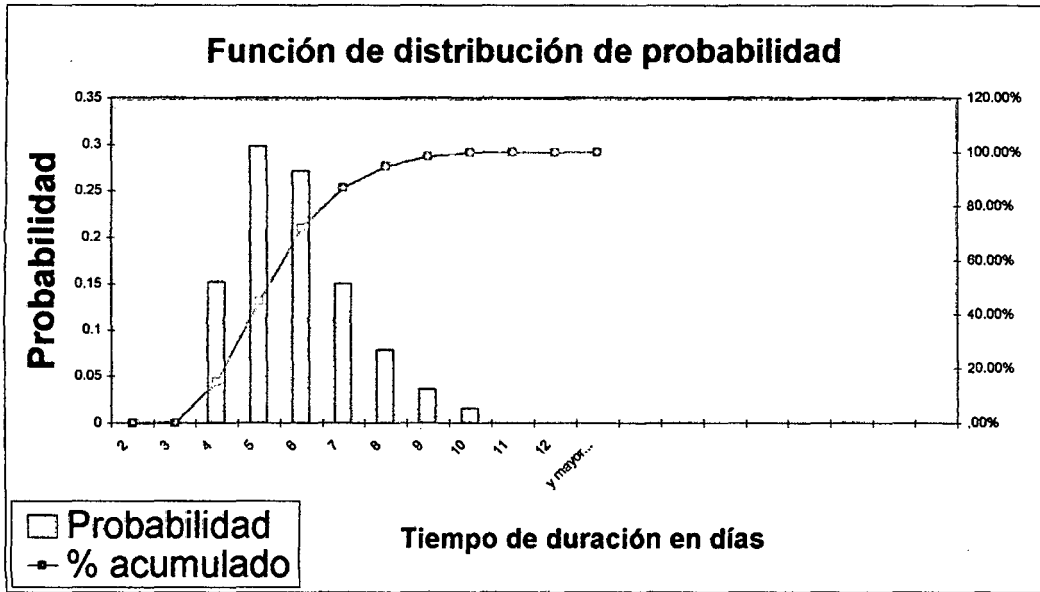
Clase	Frecuencia	% acumulado
2	0	.00%
3	0	.00%
4	152	15.20%
5	298	45.00%
6	271	72.10%
7	150	87.10%
8	78	94.90%
9	36	98.50%
10	15	100.00%
11	0	100.00%
12	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%

**ALEATORIO MUESTRA**

0.440170	5.00
0.670637	6.00
0.264621	4.50
0.498792	5.50
0.772430	6.50
0.290966	5.00
0.439393	5.00
0.803112	7.00
0.012103	3.50
0.403154	5.00
0.167129	4.50
0.761923	6.50
0.831883	7.00
0.379155	5.00
0.684585	6.00
0.050243	4.00
0.842786	7.00
0.373340	5.00
0.781119	6.50
0.345932	5.00
0.904209	8.00
0.501912	5.50
0.016232	3.50
0.112887	4.00
0.347184	5.00
0.945408	8.50
0.791015	6.50
0.504588	5.50
0.163128	4.50
0.227883	4.50
0.332284	5.00
0.564309	5.50

Columna 1	
Media	5.6315
Error típico	0.042523711
Mediana	5.5
Moda	5
Desviación estándar	1.34471782
Varianza de la muestra	1.808266016
Curtosis	0.274064706
Coefficiente de asimetría	0.805774584
Rango	6.5
Mínimo	3.5
Máximo	10
Suma	5631.5
Cuenta	1000

**DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DEL TIEMPO DE EJECUCION DE LAS ESTRUCTURAS (CASCO) DEL OCTAVO PISO**



Probabilidad	RANGO	TIEMPO
0.0232	0.0000	0.0232
0.1107	0.0232	0.1339
0.1482	0.1339	0.2821
0.1607	0.2821	0.4429
0.1482	0.4429	0.5911
0.1232	0.5911	0.7143
0.0857	0.7143	0.8000
0.0582	0.8000	0.8582
0.0432	0.8582	0.9014
0.0332	0.9014	0.9346
0.0232	0.9346	0.9579
0.0182	0.9579	0.9761
0.0132	0.9761	0.9893
0.0107	0.9893	1.0000

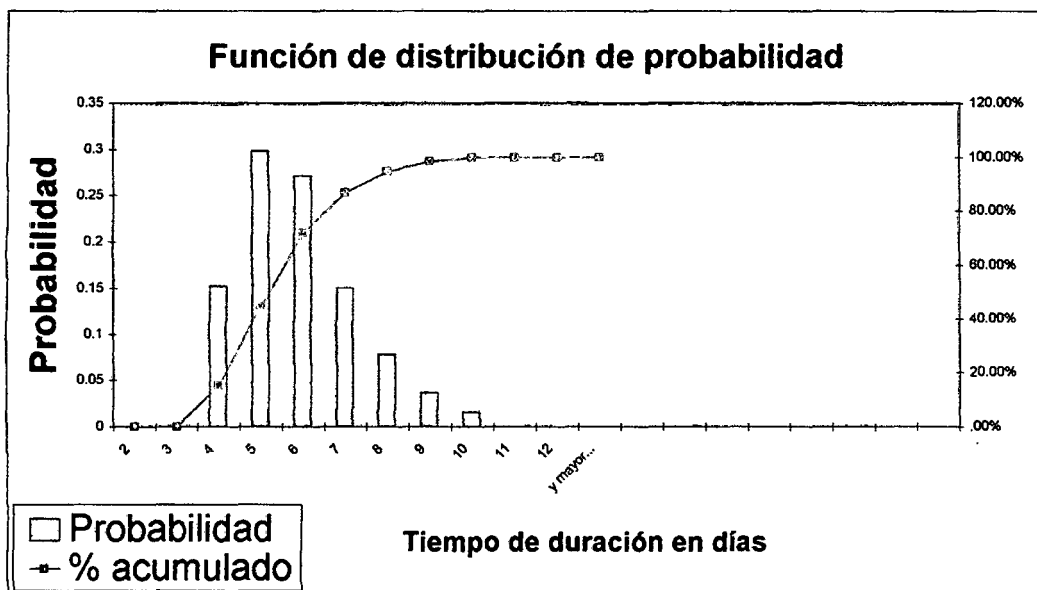
Clase	Frecuencia	% acumulado
2	0	.00%
3	0	.00%
4	152	15.20%
5	298	45.00%
6	271	72.10%
7	150	87.10%
8	78	94.90%
9	36	98.50%
10	15	100.00%
11	0	100.00%
12	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%

**ALEATORIO MUESTRA**

0.933326	8.00
0.099699	4.00
0.955549	8.50
0.989333	10.00
0.050572	4.00
0.331961	5.00
0.338890	5.00
0.494521	5.50
0.098353	4.00
0.889588	7.50
0.390581	5.00
0.940699	8.50
0.703595	6.00
0.930182	8.00
0.339461	5.00
0.516422	5.50
0.048340	4.00
0.935062	8.50
0.536142	5.50
0.184559	4.50
0.102654	4.00
0.092372	4.00
0.294622	5.00
0.974303	9.00
0.920014	8.00
0.366457	5.00
0.827582	7.00
0.952628	8.50
0.298466	5.00
0.421953	5.00
0.007018	3.50
0.425456	5.00

Columna1	
Media	5.6315
Error tipico	0.042523711
Mediana	5.5
Moda	5
Desviación estándar	1.34471782
Varianza de la muestra	1.808266016
Curtosis	0.274064706
Coficiente de asimetría	0.805774584
Rango	6.5
Mínimo	3.5
Máximo	10
Suma	5631.5
Cuenta	1000

**DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DEL TIEMPO DE EJECUCION DE LAS ESTRUCTURAS (CASCO) DEL SETIMO PISO**



Probabilidad	RANGO	TIEMPO
0.0232	0.0000	0.0232
0.1107	0.0232	0.1339
0.1482	0.1339	0.2821
0.1607	0.2821	0.4429
0.1482	0.4429	0.5911
0.1232	0.5911	0.7143
0.0857	0.7143	0.8000
0.0582	0.8000	0.8582
0.0432	0.8582	0.9014
0.0332	0.9014	0.9346
0.0232	0.9346	0.9579
0.0182	0.9579	0.9761
0.0132	0.9761	0.9893
0.0107	0.9893	1.0000

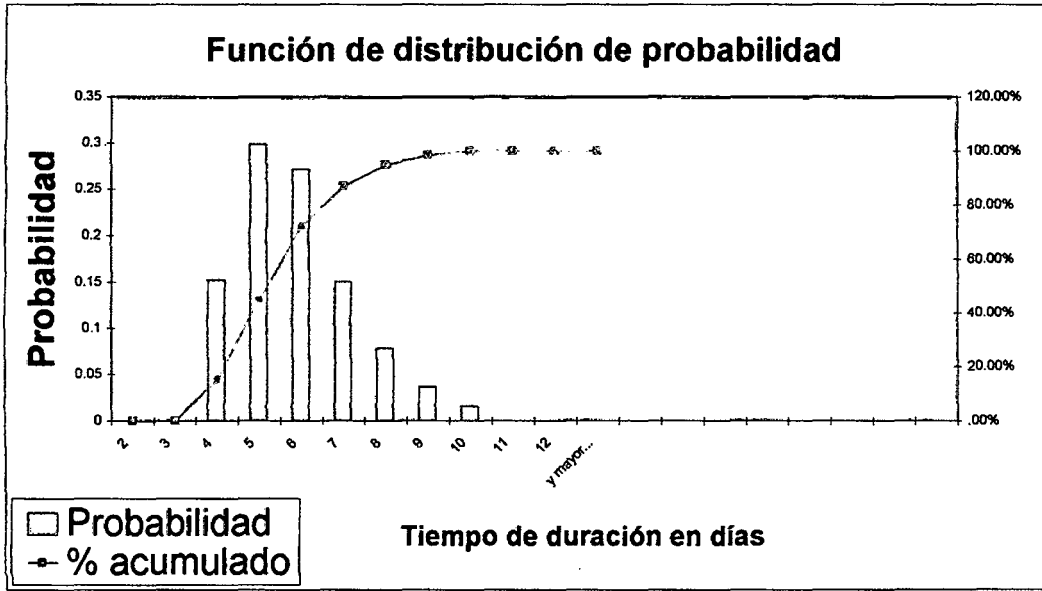
Clase	Frecuencia	% acumulado
2	0	0.00%
3	0	0.00%
4	152	15.20%
5	298	45.00%
6	271	72.10%
7	150	87.10%
8	78	94.90%
9	36	98.50%
10	15	100.00%
11	0	100.00%
12	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%

**ALEATORIO MUESTRA**

0.229801	4.50
0.304616	5.00
0.925158	8.00
0.383977	5.00
0.711205	6.00
0.757252	6.50
0.081620	4.00
0.256048	4.50
0.174750	4.50
0.698746	6.00
0.474378	5.50
0.059313	4.00
0.268015	4.50
0.407433	5.00
0.591697	6.00
0.308653	5.00
0.875307	7.50
0.813075	7.00
0.475409	5.50
0.210982	4.50
0.013443	3.50
0.993909	10.00
0.826430	7.00
0.950896	8.50
0.504843	5.50
0.925750	8.00
0.804061	7.00
0.743031	6.50
0.362956	5.00
0.266740	4.50
0.695305	6.00
0.974754	9.00

Columna1	
Media	5.6315
Error típico	0.042523711
Mediana	5.5
Moda	5
Desviación estándar	1.34471782
Varianza de la muestra	1.808266016
Curtosis	0.274064706
Coefficiente de asimetría	0.805774584
Rango	6.5
Mínimo	3.5
Máximo	10
Suma	5631.5
Cuenta	1000

**DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DEL TIEMPO DE EJECUCION DE LAS ESTRUCTURAS (CASCO) DEL SEXTO PISO**



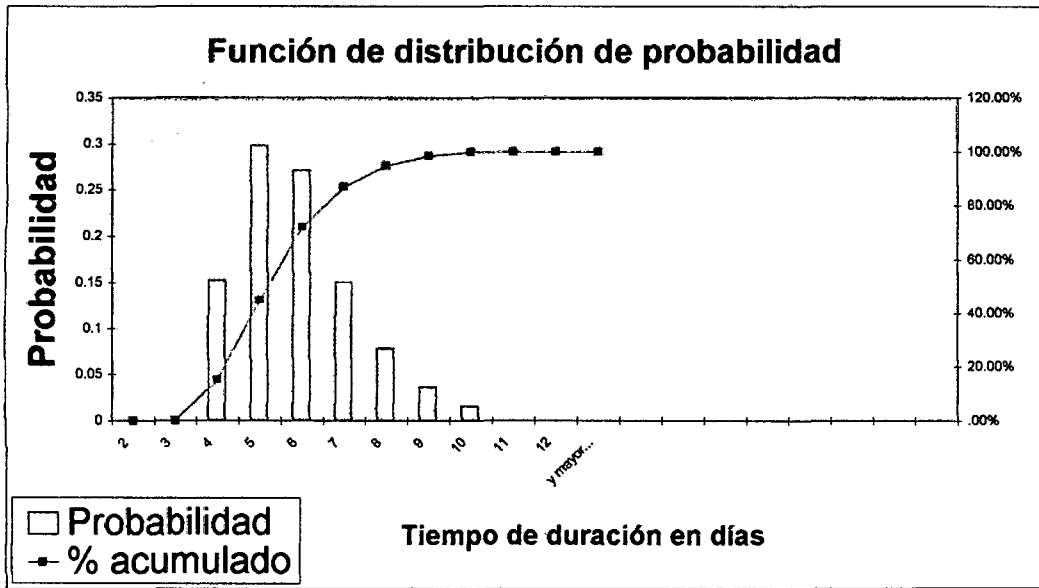
Probabilidad	RANGO	TIEMPO
0.0232	0.0000	3.5
0.1107	0.0232	4
0.1482	0.1339	4.5
0.1607	0.2821	5
0.1482	0.4429	5.5
0.1232	0.5911	6
0.0857	0.7143	6.5
0.0582	0.8000	7
0.0432	0.8582	7.5
0.0332	0.9014	8
0.0232	0.9346	8.5
0.0182	0.9579	9
0.0132	0.9761	9.5
0.0107	0.9893	10

Clase	Frecuencia	% acumulado
2	0	0.00%
3	0	0.00%
4	152	15.20%
5	298	45.00%
6	271	72.10%
7	150	87.10%
8	78	94.90%
9	36	98.50%
10	15	100.00%
11	0	100.00%
12	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%

ALEATORIO	MUESTRA
0.552287	5.50
0.704298	6.00
0.561961	5.50
0.080747	4.00
0.305273	5.00
0.333837	5.00
0.645031	6.00
0.636003	6.00
0.336487	5.00
0.541193	5.50
0.255717	4.50
0.381931	5.00
0.009148	3.50
0.927450	8.00
0.859511	7.50
0.722178	6.50
0.934138	8.00
0.713039	6.00
0.194960	4.50
0.869667	7.50
0.943332	8.50
0.582068	5.50
0.323026	5.00
0.984053	9.50
0.369815	5.00
0.174452	4.50
0.032981	4.00
0.501823	5.50
0.477384	5.50
0.260674	4.50
0.940011	8.50
0.032363	4.00

Columna 1	
Media	5.6315
Error típico	0.042523711
Mediana	5.5
Moda	5
Desviación estándar	1.34471782
Varianza de la muestra	1.808265016
Curtosis	0.274064706
Coefficiente de asimetría	0.805774584
Rango	6.5
Mínimo	3.5
Máximo	10
Suma	5631.5
Cuenta	1000

**DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DEL TIEMPO DE EJECUCION DE LAS ESTRUCTURAS (CASCO) DEL QUINTO PISO**



Probabilidad	RANGO		TIEMPO
0.0232	0.0000	0.0232	3.5
0.1107	0.0232	0.1339	4
0.1482	0.1339	0.2821	4.5
0.1607	0.2821	0.4429	5
0.1482	0.4429	0.5911	5.5
0.1232	0.5911	0.7143	6
0.0857	0.7143	0.8000	6.5
0.0582	0.8000	0.8582	7
0.0432	0.8582	0.9014	7.5
0.0332	0.9014	0.9346	8
0.0232	0.9346	0.9579	8.5
0.0182	0.9579	0.9761	9
0.0132	0.9761	0.9893	9.5
0.0107	0.9893	1.0000	10

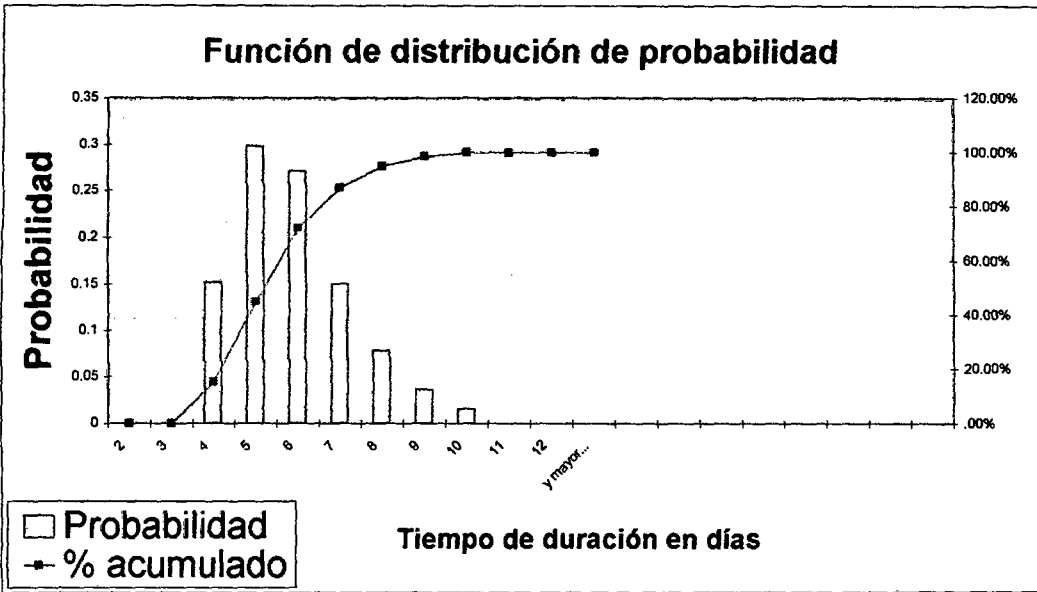
Clase	Frecuencia	% acumulado
-2	0	0.00%
3	0	0.00%
4	152	15.20%
5	298	45.00%
6	271	72.10%
7	150	87.10%
8	78	94.90%
9	36	98.50%
10	15	100.00%
11	0	100.00%
12	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%

**ALEATORIO MUESTRA**

- 0.556449 5.50
- 0.329375 5.00
- 0.680127 6.00
- 0.188278 4.50
- 0.215099 4.50
- 0.484801 5.50
- 0.700847 6.00
- 0.980813 9.50
- 0.484632 5.50
- 0.981270 9.50
- 0.963791 9.00
- 0.239583 4.50
- 0.497015 5.50
- 0.951426 8.50
- 0.737306 6.50
- 0.946350 8.50
- 0.684209 6.00
- 0.758055 6.50
- 0.243524 4.50
- 0.566732 5.50
- 0.624340 6.00
- 0.617976 6.00
- 0.395099 5.00
- 0.676203 6.00
- 0.629048 6.00
- 0.192604 4.50
- 0.680079 6.00
- 0.584784 5.50
- 0.185729 4.50
- 0.167823 4.50
- 0.203922 4.50
- 0.907679 8.00

Columna 1	
Media	5.6315
Error típico	0.042523711
Mediana	5.5
Moda	5
Desviación estándar	1.34471782
Varianza de la muestra	1.808266016
Curtosis	0.274064706
Coefficiente de asimetría	0.805774584
Rango	6.5
Mínimo	3.5
Máximo	10
Suma	5631.5
Cuenta	1000

**DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DEL TIEMPO DE EJECUCION DE LAS ESTRUCTURAS (CASCO) DEL CUARTO PISO**



Probabilidad	RANGO	TIEMPO
0.0232	0.0000	0.0232
0.1107	0.0232	0.1339
0.1482	0.1339	0.2821
0.1607	0.2821	0.4429
0.1482	0.4429	0.5911
0.1232	0.5911	0.7143
0.0857	0.7143	0.8000
0.0582	0.8000	0.8582
0.0432	0.8582	0.9014
0.0332	0.9014	0.9346
0.0232	0.9346	0.9579
0.0182	0.9579	0.9761
0.0132	0.9761	0.9893
0.0107	0.9893	1.0000

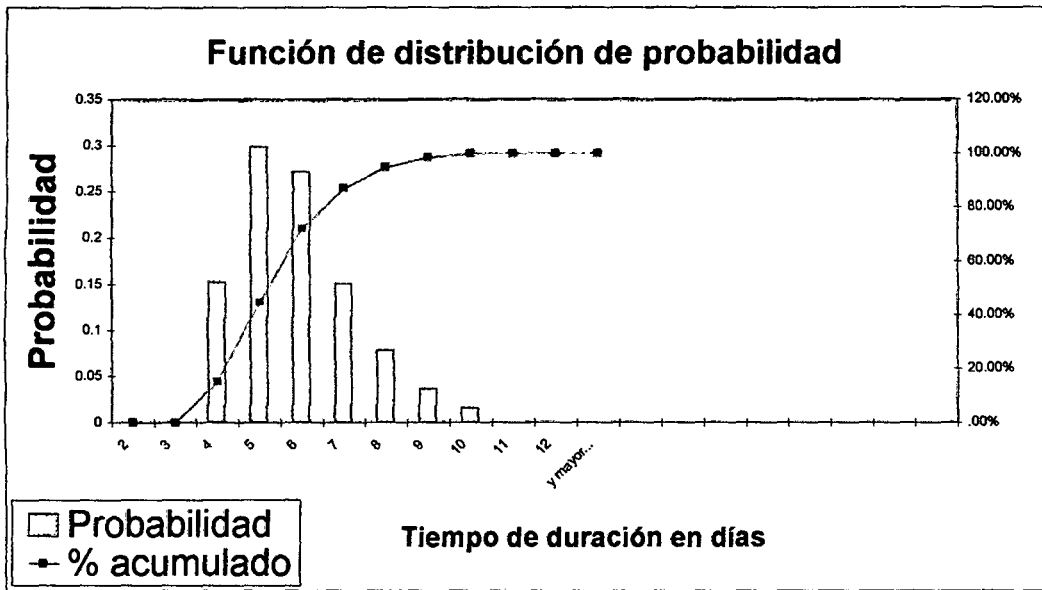
Clase	Frecuencia	% acumulado
2	0	0.00%
3	0	0.00%
4	152	15.20%
5	298	45.00%
6	271	72.10%
7	150	87.10%
8	78	94.90%
9	36	98.50%
10	15	100.00%
11	0	100.00%
12	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%

**ALEATORIO MUESTRA**

0.283532	5.00
0.779197	6.50
0.073240	4.00
0.342586	5.00
0.694246	6.00
0.249289	4.50
0.838816	7.00
0.706869	6.00
0.417369	5.00
0.573350	5.50
0.180563	4.50
0.720361	6.50
0.927088	8.00
0.807822	7.00
0.230771	4.50
0.593252	6.00
0.020598	3.50
0.787510	6.50
0.176238	4.50
0.540653	5.50
0.788309	6.50
0.176985	4.50
0.864794	7.50
0.136839	4.50
0.920557	8.00
0.603381	6.00
0.330484	5.00
0.290826	5.00
0.455902	5.50
0.637915	6.00
0.849716	8.50
0.285700	5.00

Columna 1	
Media	5.6315
Error típico	0.042523711
Mediana	5.5
Moda	5
Desviación estándar	1.34471782
Varianza de la muestra	1.808266016
Curtosis	0.274064706
Coefficiente de asimetría	0.805774584
Rango	6.5
Mínimo	3.5
Máximo	10
Suma	5631.5
Cuenta	1000

**DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DEL TIEMPO DE EJECUCION DE LAS ESTRUCTURAS (CASCO) DEL TERCER PISO**



Probabilidad	RANGO	TIEMPO
0.0232	0.0000	0.0232
0.1107	0.0232	0.1339
0.1482	0.1339	0.2821
0.1607	0.2821	0.4429
0.1482	0.4429	0.5911
0.1232	0.5911	0.7143
0.0857	0.7143	0.8000
0.0582	0.8000	0.8582
0.0432	0.8582	0.9014
0.0332	0.9014	0.9346
0.0232	0.9346	0.9579
0.0182	0.9579	0.9761
0.0132	0.9761	0.9893
0.0107	0.9893	1.0000

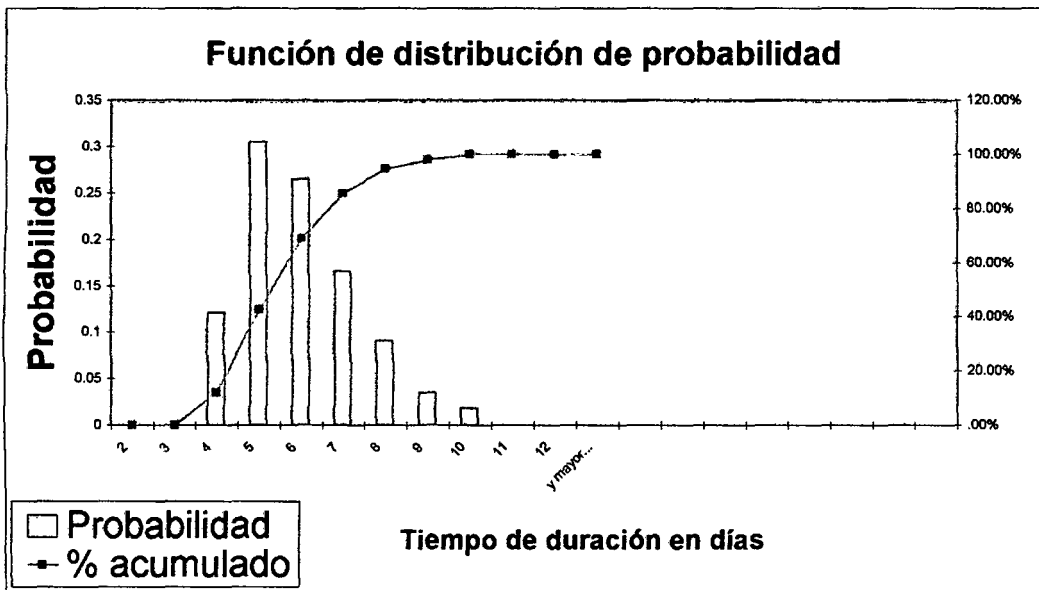
Clase	Frecuencia	% acumulado
2	0	0.00%
3	0	0.00%
4	152	15.20%
5	298	45.00%
6	271	72.10%
7	150	87.10%
8	78	94.90%
9	36	98.50%
10	15	100.00%
11	0	100.00%
12	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%

**ALEATORIO MUESTRA**

0.403587	5.00
0.238123	4.50
0.094721	4.00
0.767535	6.50
0.853789	7.00
0.393158	5.00
0.559459	5.50
0.527719	5.50
0.040248	4.00
0.890074	7.50
0.626082	6.00
0.765472	6.50
0.626341	6.00
0.212141	4.50
0.497654	5.50
0.236513	4.50
0.917131	8.00
0.112433	4.00
0.111452	4.00
0.423079	5.00
0.838491	7.00
0.876476	7.50
0.575472	5.50
0.563283	5.50
0.586092	5.50
0.645245	6.00
0.310331	5.00
0.505622	5.50
0.895939	7.50
0.252364	4.50
0.198889	4.50
0.801627	7.00

Columna 1	
Media	5.6315
Error típico	0.042523711
Mediana	5.5
Moda	5
Desviación estándar	1.34471782
Varianza de la muestra	1.808266016
Curtosis	0.274064706
Coefficiente de asimetría	0.805774584
Rango	6.5
Mínimo	3.5
Máximo	10
Suma	5631.5
Cuenta	1000

**DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DEL TIEMPO DE EJECUCION DE LAS ESTRUCTURAS (CASCO) DEL SEGUNDO PISO**



Probabilidad	RANGO	TIEMPO
0.0232	0.0000	3.5
0.1107	0.0232	4
0.1482	0.1339	4.5
0.1607	0.2821	5
0.1482	0.4429	5.5
0.1232	0.5911	6
0.0857	0.7143	6.5
0.0582	0.8000	7
0.0432	0.8582	7.5
0.0332	0.9014	8
0.0232	0.9346	8.5
0.0182	0.9579	9
0.0132	0.9761	9.5
0.0107	0.9893	10

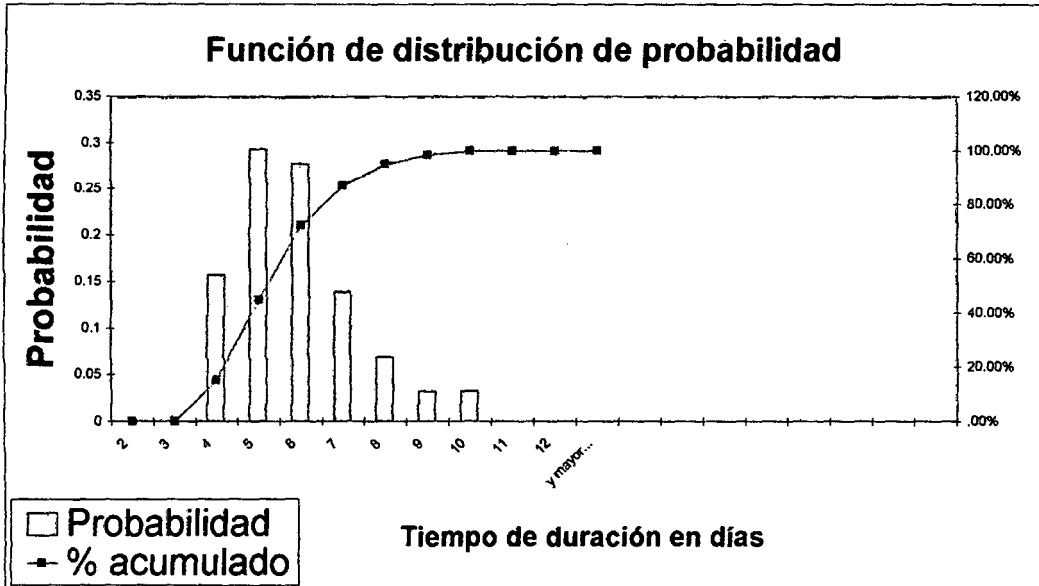
Clase	Frecuencia	% acumulado
2	0	0.00%
3	0	0.00%
4	121	12.10%
5	305	42.60%
6	265	69.10%
7	166	85.70%
8	90	94.70%
9	35	98.20%
10	18	100.00%
11	0	100.00%
12	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%

ALEATORIO	MUESTRA
0.924790	8.00
0.722129	6.50
0.164028	4.50
0.594713	6.00
0.138037	4.50
0.024769	4.00
0.000475	3.50
0.154783	4.50
0.018092	3.50
0.071537	4.00
0.454087	5.50
0.780906	6.50
0.392009	5.00
0.930999	8.00
0.735894	6.50
0.547960	5.50
0.585671	5.50
0.826971	7.00
0.328925	5.00
0.351521	5.00
0.232819	4.50
0.237557	4.50
0.164945	4.50
0.476083	5.50
0.251880	4.50
0.450083	5.50
0.509724	5.50
0.609996	6.00
0.476984	5.50
0.714620	6.50
0.729700	6.50
0.102434	4.00

ESTADÍSTICAS	
Media	5.6625
Error típico	0.045507303
Mediana	5.5
Moda	5
Desviación estándar	1.43906729
Varianza de la muestra	2.070914655
Curtosis	0.430600494
Coficiente de asimetría	0.899039729
Rango	6.5
Mínimo	3.5
Máximo	10
Suma	5662.5
Cuenta	1000



**DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DEL TIEMPO DE EJECUCION DE LAS ESTRUCTURAS (CASCO) DEL PRIMER PISO**



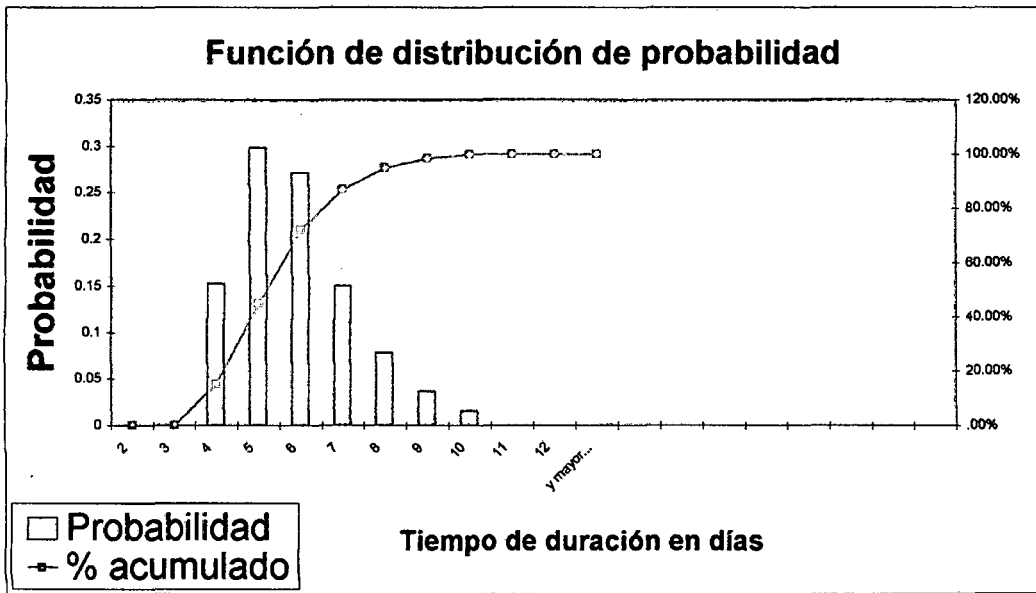
Probabilidad	RANGO		TIEMPO
0.0232	0.0000	0.0232	3.5
0.1107	0.0232	0.1339	4
0.1482	0.1339	0.2821	4.5
0.1607	0.2821	0.4429	5
0.1482	0.4429	0.5911	5.5
0.1232	0.5911	0.7143	6
0.0857	0.7143	0.8000	6.5
0.0582	0.8000	0.8582	7
0.0432	0.8582	0.9014	7.5
0.0332	0.9014	0.9346	8
0.0232	0.9346	0.9579	8.5
0.0182	0.9579	0.9761	9
0.0132	0.9761	0.9893	9.5
0.0107	0.9893	1.0000	10

Clase	Frecuencia	% acumulado
2	0	.00%
3	0	.00%
4	157	15.20%
5	293	45.00%
6	277	72.10%
7	139	87.10%
8	69	94.90%
9	32	98.50%
10	33	100.00%
11	0	100.00%
12	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%

ALEATORIO	MUESTRA
0.828115	7.00
0.358277	5.00
0.153893	4.50
0.998252	10.00
0.908976	8.00
0.125095	4.00
0.026979	4.00
0.745952	6.50
0.318677	5.00
0.677403	6.00
0.855168	7.00
0.269467	4.50
0.152228	4.50
0.257737	4.50
0.830517	7.00
0.411848	5.00
0.634782	6.00
0.094121	4.00
0.078281	4.00
0.546878	5.50
0.943180	8.50

Columna 1	
Media	5.6315
Error típico	0.042523711
Mediana	5.5
Moda	5
Desviación estándar	1.34471782
Varianza de la muestra	1.808266016
Curtosis	0.274064706
Coefficiente de asimetría	0.805774584
Rango	6.5
Mínimo	3.5
Máximo	10
Suma	5631.5
Cuenta	1000

**DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DEL TIEMPO DE EJECUCION DE LAS ESTRUCTURAS (CASCO) DEL SOTANO DEL NIVEL 2**



Probabilidad	RANGO	TIEMPO
0.0232	0.0000	0.0232
0.1107	0.0232	0.1339
0.1482	0.1339	0.2821
0.1607	0.2821	0.4429
0.1482	0.4429	0.5911
0.1232	0.5911	0.7143
0.0857	0.7143	0.8000
0.0582	0.8000	0.8582
0.0432	0.8582	0.9014
0.0332	0.9014	0.9346
0.0232	0.9346	0.9579
0.0182	0.9579	0.9761
0.0132	0.9761	0.9893
0.0107	0.9893	1.0000

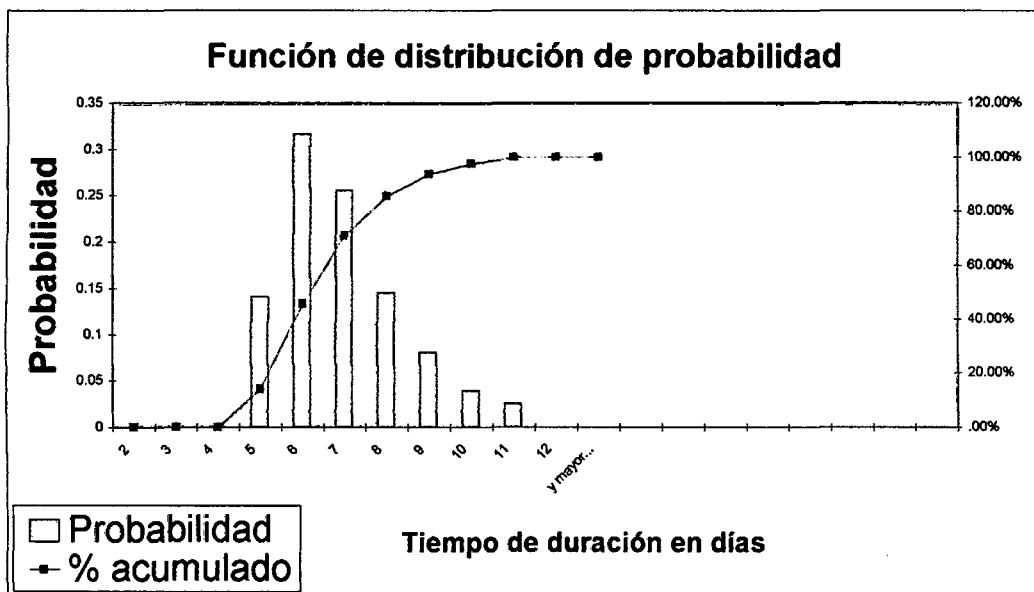
Clase	Frecuencia	% acumulado
2	0	0.00%
3	0	0.00%
4	152	15.20%
5	298	45.00%
6	271	72.10%
7	150	87.10%
8	78	94.90%
9	36	98.50%
10	15	100.00%
11	0	100.00%
12	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%

**ALEATORIO MUESTRA**

0.211113	5.50
0.201360	5.50
0.148504	5.50
0.618488	7.00
0.472962	6.50
0.629870	7.00
0.975438	10.00
0.467144	6.50
0.223163	5.50
0.743514	7.50
0.387847	6.00
0.682368	7.00
0.862927	8.50
0.256696	5.50
0.888961	8.50
0.539663	6.50
0.440931	6.00
0.807845	8.00
0.494887	6.50
0.949680	9.50
0.073383	5.00
0.802521	8.00
0.557063	6.50
0.233723	5.50
0.335129	6.00
0.730443	7.50
0.697982	7.00
0.116515	5.00
0.736225	7.50
0.950692	9.50
0.205488	5.50
0.790751	7.50

Columna 1	
Media	5.6315
Error típico	0.042523711
Mediana	5.5
Moda	5
Desviación estándar	1.34471782
Varianza de la muestra	1.808266016
Curtosis	0.274064706
Coefficiente de asimetría	0.805774584
Rango	6.5
Mínimo	3.5
Máximo	10
Suma	5631.5
Cuenta	1000

**DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DEL TIEMPO DE EJECUCION DE LAS ESTRUCTURAS (CASCO) DEL SOTANO DEL NIVEL 3**



Probabilidad	RANGO	TIEMPO
0.0232	0.0000	0.0232
0.1107	0.0232	0.1339
0.1482	0.1339	0.2821
0.1607	0.2821	0.4429
0.1482	0.4429	0.5911
0.1232	0.5911	0.7143
0.0857	0.7143	0.8000
0.0582	0.8000	0.8582
0.0432	0.8582	0.9014
0.0332	0.9014	0.9346
0.0232	0.9346	0.9579
0.0182	0.9579	0.9761
0.0132	0.9761	0.9893
0.0107	0.9893	1.0000

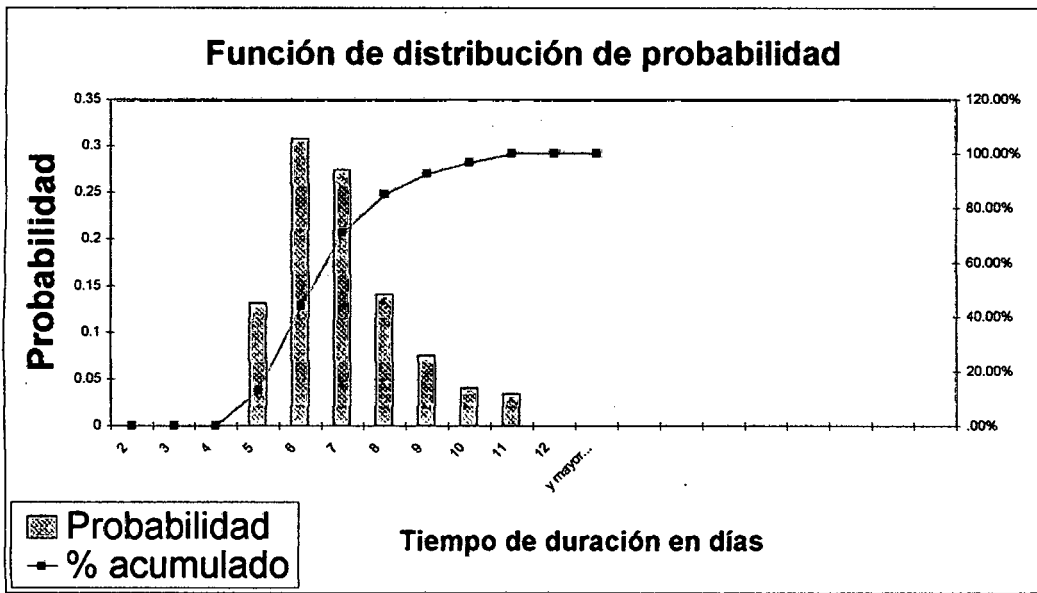
Clase	Frecuencia	% acumulado
2	0	.00%
3	0	.00%
4	0	.00%
5	140	14.00%
6	316	45.60%
7	255	71.10%
8	145	85.60%
9	80	93.60%
10	39	97.50%
11	25	100.00%
12	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%

**ALEATORIO MUESTRA**

0.833481	8.00
0.653143	7.00
0.590495	6.50
0.125158	5.00
0.348555	6.00
0.238089	5.50
0.983885	10.50
0.736774	7.50
0.265863	5.50
0.001959	4.50
0.478700	6.50
0.274002	5.50
0.037479	5.00
0.554110	6.50
0.547754	6.50
0.919805	9.00
0.077728	5.00
0.224512	5.50
0.525238	6.50
0.643707	7.00
0.962460	10.00
0.284415	6.00
0.455417	6.50
0.447943	6.50
0.502992	6.50
0.574404	6.50
0.693429	7.00
0.666261	7.00
0.457589	6.50
0.559239	6.50
0.976482	10.50
0.959066	10.00

Columna 1	
Media	5.6315
Error típico	0.042523711
Mediana	5.5
Moda	5
Desviación estándar	1.34471782
Varianza de la muestra	1.808265016
Curtosis	0.274064706
Coefficiente de asimetría	0.805774584
Rango	6.5
Mínimo	3.5
Máximo	10
Suma	5631.5
Cuenta	1000

**DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DEL TIEMPO DE EJECUCION DE LAS ESTRUCTURAS (CASCO) DEL SOTANO DEL NIVEL 4**



Probabilidad	RANGO		TIEMPO
0.0232	0.0000	0.0232	4.5
0.1107	0.0232	0.1339	5
0.1482	0.1339	0.2821	5.5
0.1607	0.2821	0.4429	6
0.1482	0.4429	0.5911	6.5
0.1232	0.5911	0.7143	7
0.0857	0.7143	0.8000	7.5
0.0582	0.8000	0.8582	8
0.0432	0.8582	0.9014	8.5
0.0332	0.9014	0.9346	9
0.0232	0.9346	0.9579	9.5
0.0182	0.9579	0.9761	10
0.0132	0.9761	0.9893	10.5
0.0107	0.9893	1.0000	11

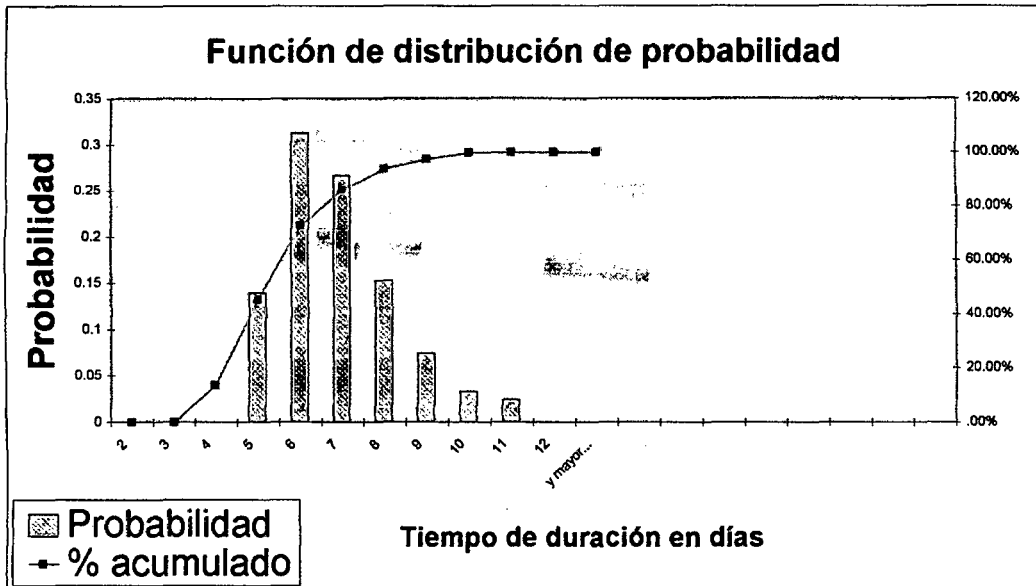
Clase	Frecuencia	% acumulado
2	0	0.00%
3	0	0.00%
4	0	0.00%
5	130	13.00%
6	307	43.70%
7	274	71.10%
8	140	85.10%
9	75	92.60%
10	40	96.60%
11	34	100.00%
12	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%

**ALEATORIO MUESTRA**

0.883142	8.50
0.134349	5.50
0.148008	5.50
0.425799	6.00
0.382987	6.00
0.026893	5.00
0.507195	6.50
0.847670	8.00
0.889839	8.50
0.132756	5.00
0.579108	6.50
0.780956	7.50
0.713604	7.00
0.709329	7.00
0.209395	5.50
0.447232	6.50
0.622973	7.00
0.474614	6.50
0.199369	5.50
0.011476	4.50
0.530462	6.50
0.207928	5.50
0.022791	4.50
0.420224	6.00
0.803561	8.00
0.625629	7.00
0.530555	6.50
0.391524	6.00
0.660470	7.00
0.969721	10.00
0.321171	6.00
0.696290	7.00

Columna 1	
Media	5.6315
Error típico	0.042523711
Mediana	5.5
Moda	5
Desviación estándar	1.34471782
Varianza de la muestra	1.808266016
Curtosis	0.274064706
Coefficiente de asimetría	0.805774584
Rango	6.5
Mínimo	3.5
Máximo	10
Suma	5631.5
Cuenta	1000

**DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DEL TIEMPO DE EJECUCION DE LAS ESTRUCTURAS (CASCO) DEL SOTANO DEL NIVEL 1**



Probabilidad	RANGO	TIEMPO
0.0232	0.0000	0.0232
0.1107	0.0232	0.1339
0.1482	0.1339	0.2821
0.1607	0.2821	0.4429
0.1482	0.4429	0.5911
0.1232	0.5911	0.7143
0.0857	0.7143	0.8000
0.0582	0.8000	0.8582
0.0432	0.8582	0.9014
0.0332	0.9014	0.9346
0.0232	0.9346	0.9579
0.0182	0.9579	0.9761
0.0132	0.9761	0.9893
0.0107	0.9893	1.0000

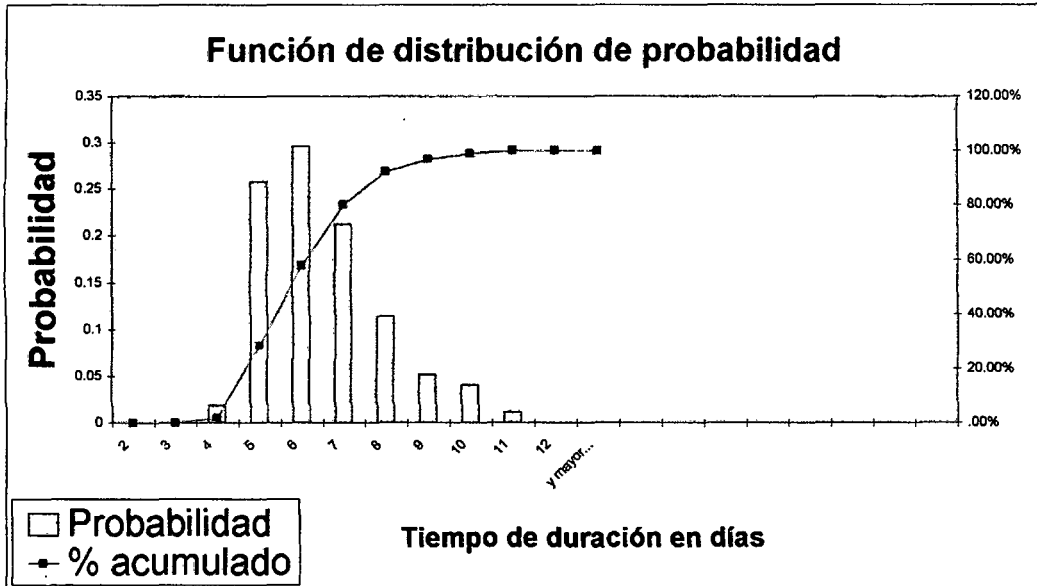
Clase	Frecuencia	% acumulado
2	0	0.00%
3	0	0.00%
4	0	13.70%
5	139	45.60%
6	312	72.50%
7	266	86.10%
8	152	94.00%
9	74	97.60%
10	33	100.00%
11	24	100.00%
12	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%

**ALEATORIO MUESTRA**

0.405672	6.00
0.826493	8.00
0.307408	6.00
0.287796	6.00
0.243912	5.50
0.163654	5.50
0.138576	5.50
0.315764	6.00
0.714565	7.50
0.588690	6.50
0.090407	5.00
0.835803	8.00
0.239599	5.50
0.719699	7.50
0.901438	9.00
0.054659	5.00
0.095621	5.00
0.058030	5.00
0.809868	8.00
0.065329	5.00
0.113411	5.00

Columna 1	
Media	6.660320641
Error típico	0.044165484
Mediana	6.5
Moda	6
Desviación estándar	1.395237888
Varianza de la muestra	1.946688764
Curtosis	0.333054304
Coefficiente de asimetría	0.873412301
Rango	6.5
Mínimo	4.5
Máximo	11
Suma	6647
Cuenta	998

**DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DEL TIEMPO DE EJECUCION DE LAS CIMENTACIONES**



Probabilidad	RANGO	TIEMPO
0.0228	0.0000	0.0228
0.1086	0.0228	0.1313
0.1454	0.1313	0.2767
0.1576	0.2767	0.4343
0.1454	0.4343	0.5797
0.1208	0.5797	0.7005
0.0883	0.7005	0.7888
0.0687	0.7888	0.8574
0.0490	0.8574	0.9065
0.0326	0.9065	0.9391
0.0196	0.9391	0.9587
0.0179	0.9587	0.9765
0.0130	0.9765	0.9895
0.0105	0.9895	1.0000

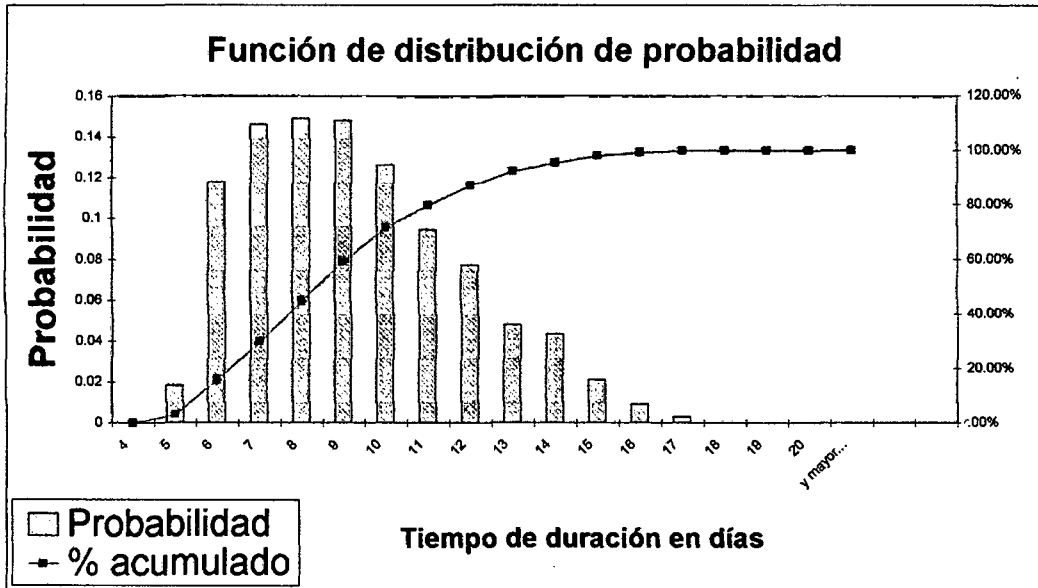
Clase	Frecuencia	% acumulado
2	0	.00%
3	0	.00%
4	18	1.80%
5	258	28.40%
6	296	57.70%
7	212	80.10%
8	114	92.40%
9	51	97.00%
10	40	99.00%
11	11	100.00%
12	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%

**ALEATORIO MUESTRA**

0.256139	5.00
0.817620	7.50
0.900226	8.00
0.592787	6.50
0.707432	7.00
0.515114	6.00
0.513585	6.00
0.481136	6.00
0.842858	7.50
0.275477	5.00
0.551419	6.00
0.892244	8.00
0.518541	6.00
0.129157	4.50
0.288792	5.50
0.091582	4.50
0.013484	4.00
0.464282	6.00
0.512670	6.00
0.044294	4.50
0.883852	8.00

Columna1	
Media	6.1845
Error típico	0.042349773
Mediana	6
Moda	5
Desviación estándar	1.339217403
Varianza de la muestra	1.793503253
Curtosis	0.494308108
Coefficiente de asimetría	0.834610455
Rango	6.5
Mínimo	4
Máximo	10.5
Suma	6184.5
Cuenta	1000

DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DEL TIEMPO DE EJECUCION DE LOS MUROS PANTALLA



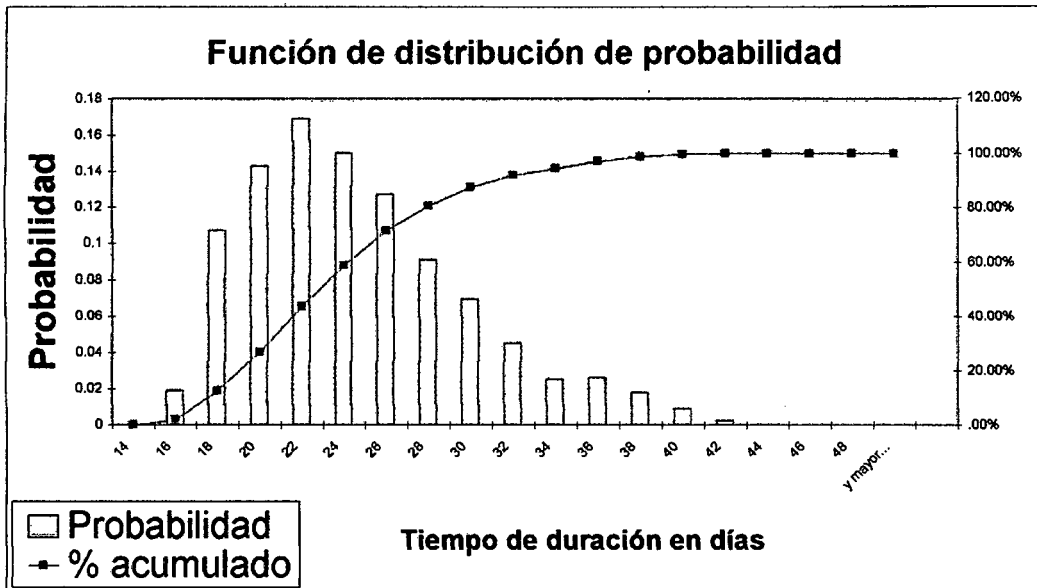
Probabilidad	RANGO	TIEMPO
0.0233	0.0000	0.0233
0.1112	0.0233	0.1346
0.1489	0.1346	0.2835
0.1615	0.2835	0.4450
0.1489	0.4450	0.5939
0.1238	0.5939	0.7177
0.0904	0.7177	0.8081
0.0703	0.8081	0.8784
0.0502	0.8784	0.9287
0.0352	0.9287	0.9638
0.0201	0.9638	0.9839
0.0100	0.9839	0.9940
0.0050	0.9940	0.9990
0.0010	0.9990	1.0000

Clase	Frecuencia	% acumulado
4	0	0.00%
5	18	3.00%
6	118	15.70%
7	146	29.80%
8	149	44.60%
9	148	59.20%
10	126	71.80%
11	94	79.90%
12	77	87.30%
13	48	92.50%
14	43	95.60%
15	21	98.10%
16	9	99.30%
17	3	100.00%
18	0	100.00%
19	0	100.00%
20	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%

ALEATORIO	MUESTRA
0.001935	5.00
0.747430	11.00
0.633239	10.00
0.149326	7.00
0.465422	9.00
0.584763	9.00
0.949427	14.00
0.580371	9.00
0.444266	8.00
0.462854	9.00
0.242826	7.00
0.813262	12.00
0.718098	11.00
0.641807	10.00
0.179835	7.00
0.737486	11.00
0.820684	12.00
0.185440	7.00
0.144863	7.00
0.427905	8.00
0.279380	7.00

Columna 1	
Media	19.563
Error típico	0.090886145
Mediana	19
Moda	18
Desviación estándar	2.874072249
Varianza de la muestra	8.260291291
Curtosis	0.047032183
Coefficiente de asimetría	0.742764592
Rango	13
Mínimo	15
Máximo	28
Suma	19563
Cuenta	1000

**DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DEL TIEMPO DE EJECUCION DEL MOVIMIENTO DE TIERRAS**



Probabilidad	RANGO	TIEMPO
0.0230	0.0000	0.0230
0.1099	0.0230	0.1329
0.1471	0.1329	0.2800
0.1595	0.2800	0.4396
0.1471	0.4396	0.5867
0.1223	0.5867	0.7090
0.0893	0.7090	0.7983
0.0695	0.7983	0.8678
0.0496	0.8678	0.9174
0.0330	0.9174	0.9504
0.0199	0.9504	0.9702
0.0149	0.9702	0.9851
0.0099	0.9851	0.9950
0.0050	0.9950	1.0000

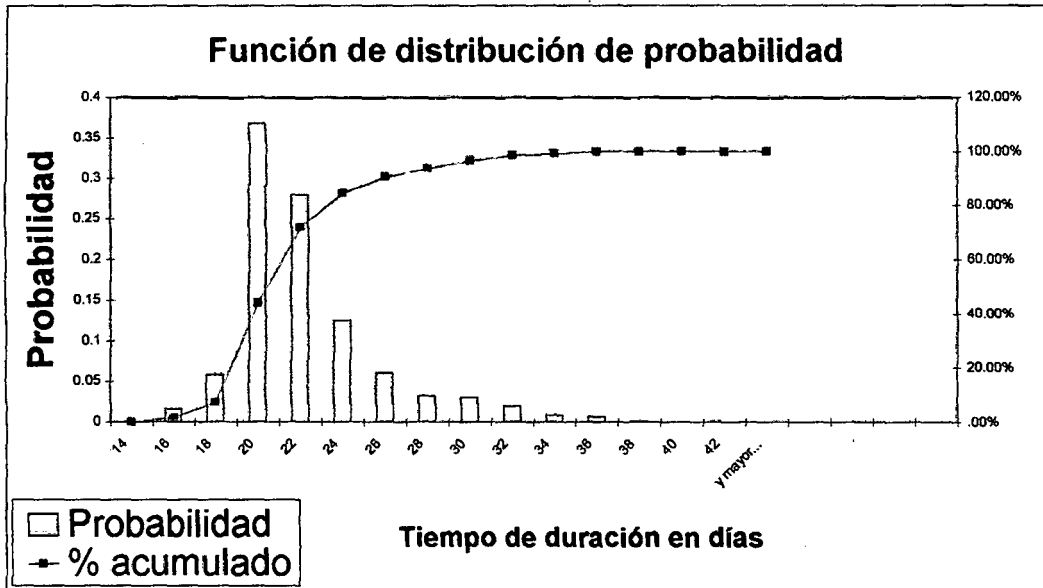
Clase	Frecuencia	% acumulado
14	0	0.00%
16	19	1.90%
18	107	12.60%
20	143	26.90%
22	169	43.80%
24	150	58.80%
26	127	71.50%
28	91	80.60%
30	69	87.50%
32	45	92.00%
34	25	94.50%
36	26	97.10%
38	18	98.90%
40	9	99.80%
42	2	100.00%
44	0	100.00%
46	0	100.00%
48	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%

ALEATORIO	MUESTRA
0.683693	26.00
0.798992	30.00
0.953743	36.00
0.681305	26.00
0.874488	32.00
0.489748	24.00
0.913645	32.00
0.183434	20.00
0.501992	24.00
0.259934	20.00
0.114719	18.00
0.969543	36.00
0.775340	28.00
0.603340	26.00
0.673672	26.00
0.737035	28.00
0.611948	26.00
0.507154	24.00
0.838488	30.00
0.339390	22.00
0.786326	28.00

Columna1	
Media	24.465
Error típico	0.087191613
Mediana	24
Moda	23
Desviación estándar	2.757240899
Varianza de la muestra	7.602377377
Curtosis	0.747809148
Coefficiente de asimetría	0.947126066
Rango	13
Mínimo	20
Máximo	33
Suma	24465
Cuenta	1000



**DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DEL TIEMPO DE EJECUCION DE LAS OBRAS PRELIMINARES Y PROVISIONALES**



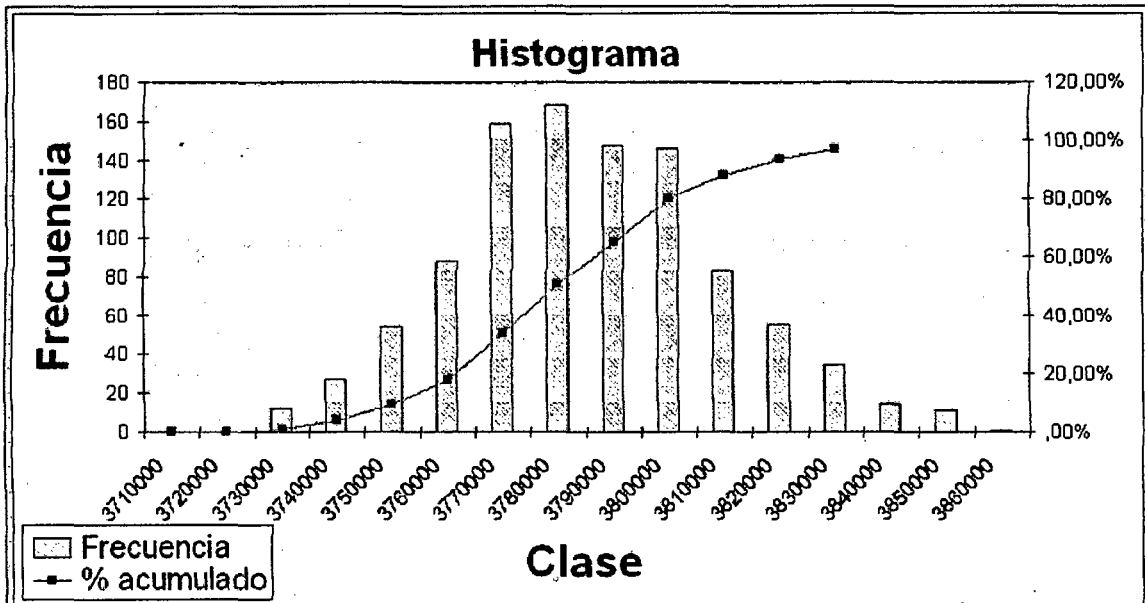
Probabilidad	RANGO	TIEMPO
0.0147	0.0000	0.0147
0.0734	0.0147	0.0880
0.3302	0.0880	0.4182
0.2568	0.4182	0.6750
0.1467	0.6750	0.8217
0.0734	0.8217	0.8951
0.0367	0.8951	0.9318
0.0257	0.9318	0.9574
0.0183	0.9574	0.9758
0.0110	0.9758	0.9868
0.0073	0.9868	0.9941
0.0037	0.9941	0.9978
0.0018	0.9978	0.9996
0.0004	0.9996	1.0000

Clase	Frecuencia	% acumulado
14	0	.00%
16	16	1.60%
18	58	7.40%
20	367	44.10%
22	279	72.00%
24	124	84.40%
26	60	90.40%
28	32	93.60%
30	30	96.60%
32	19	98.50%
34	8	99.30%
36	6	99.90%
38	1	100.00%
40	0	100.00%
42	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%

ALEATORIO	MUESTRA
0.687450	24.00
0.942917	30.00
0.330271	20.00
0.164651	20.00
0.273972	20.00
0.095595	20.00
0.621362	22.00
0.782224	24.00
0.880288	26.00
0.156851	20.00
0.678459	24.00
0.459941	22.00
0.511373	22.00
0.715727	24.00
0.626265	22.00
0.004617	16.00
0.681999	24.00
0.383946	20.00
0.260118	20.00
0.764477	24.00
0.925521	28.00

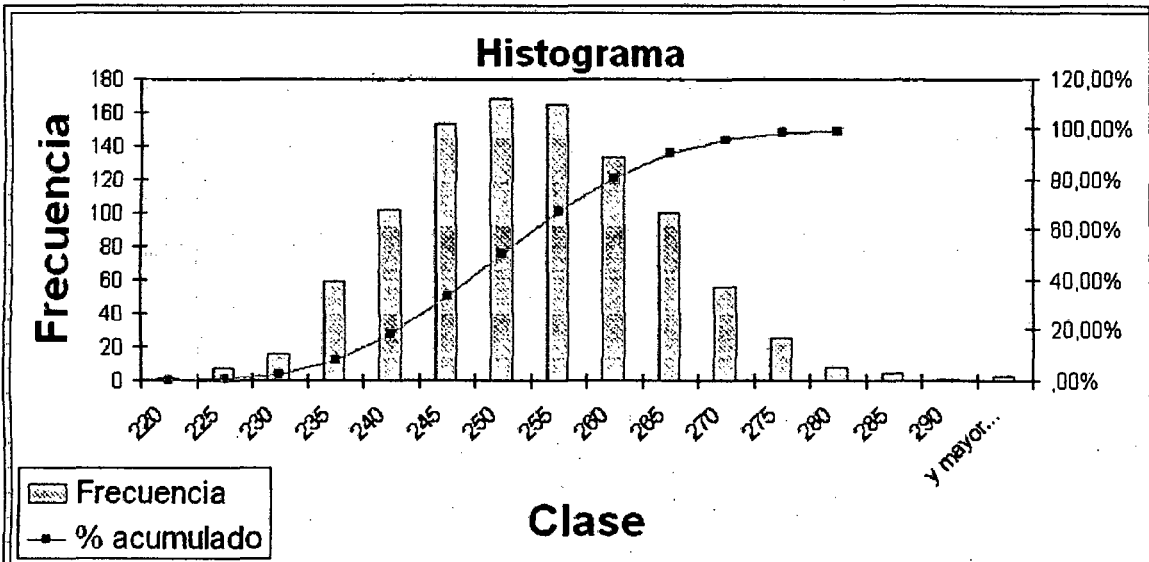
Columna 1	
Media	22.39
Error típico	0.115936799
Mediana	22
Moda	20
Desviación estándar	3.666243492
Varianza de la muestra	13.44134134
Curtosis	3.414047079
Coficiente de asimetría	1.548457747
Rango	26
Mínimo	16
Máximo	42
Suma	22390
Cuenta	1000

A6. CURVA DE DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DEL COSTO  
DIRECTO DEL PROYECTO



ITERACION	COSTO DEL PROYECTO (SOLES)	Clase	Frecuencia	% acumulado
1	3770392.00	3710000	0	.00%
2	3835392.00	3720000	0	.00%
3	3781392.00	3730000	12	1.20%
4	3758392.00	3740000	27	3.90%
5	3828392.00	3750000	54	9.30%
6	3797392.00	3760000	88	18.10%
7	3775392.00	3770000	158	33.90%
8	3769392.00	3780000	168	50.70%
9	3782392.00	3790000	147	65.40%
10	3789392.00	3800000	146	80.00%
11	3771392.00	3810000	83	88.30%
12	3786392.00	3820000	55	93.80%
13	3813392.00	3830000	34	97.20%
14	3764392.00	3840000	14	98.60%
15	3738392.00	3850000	11	99.70%
16	3795392.00	3860000	1	99.80%
17	3748392.00	3870000	2	100.00%
18	3797392.00	3880000	0	100.00%
19	3821392.00	y mayor...	0	100.00%
20	3805392.00			
21	3770392.00			
22	3767392.00			
23	3774392.00			
24	3767392.00	Media	3779484	
25	3791392.00	Error típico	747.8963062	
26	3793392.00	Mediana	3777392	
27	3755392.00	Moda	3771392	
28	3787392.00	Desviación estándar	23650.55781	
29	3839392.00	Varianza de la muestra	559348884.9	
30	3767392.00	Curtosis	0.025080785	
31	3741392.00	Coefficiente de asimetría	0.299274519	
32	3765392.00	Rango	151000	
33	3807392.00	Mínimo	3717392	
34	3807392.00	Máximo	3868392	
35	3779392.00	Suma	3779484000	
36	3789392.00	Cuenta	1000	
37	3805392.00			

## A7. CURVA DE DISTRIBUCION DEL TIEMPO DE EJECUCION DEL PROYECTO



ITERACION	DURACION DEL PROYECTO (dias)	Clase	Frecuencia	% acumulado
1	274	220	1	10%
2	242	225	7	80%
3	263	230	16	2,40%
4	245	235	59	8,30%
5	255	240	102	18,50%
6	258	245	153	33,80%
7	256	250	168	50,60%
8	252	255	164	67,00%
9	250	260	133	80,30%
10	241	265	100	90,30%
11	258	270	56	95,90%
12	249	275	25	98,40%
13	251	280	8	99,20%
14	242	285	4	99,60%
15	258	290	1	99,70%
16	259	y mayor...	3	100,00%
17	226			
18	241			
19	283			
20	238			
21	248			
22	242			
23	224	Media	250,7635	
24	247	Error típico	0,363721887	
25	263	Mediana	250	
26	255	Moda	253	
27	264	Desviación estándar	11,50189599	
28	241	Varianza de la muestra	132,2936114	
29	258	Curtosis	0,314911691	
30	250	Coficiente de asimetría	0,399270203	
31	247	Rango	73	
32	247	Mínimo	221	
33	262	Máximo	294	
34	252	Suma	250763,5	
35	241	Cuenta	1000	
36	245			