Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Ciencias Matemáticas
Escuela Profesional de Investigación Operativa

Análisis de costos con respecto a la línea base de un proyecto mediante la simulación de Monte Carlo

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de Licenciado en Investigación Operativa

AUTOR

Andric Adriano APAZA MARTINEZ

ASESOR

Mg. José Carlos ORÉ LUJÁN

Lima, Perú

2021



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Apaza, A. (2021). *Análisis de costos con respecto a la línea base de un proyecto mediante la simulación de Monte Carlo*. [Trabajo de suficiencia profesional de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Matemáticas, Escuela Profesional de Investigación Operativa]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Andric Adriano Apaza Martinez
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	47569877
URL de ORCID	-
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	José Carlos Oré Luján
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	06119405
URL de ORCID	https://orcid.org/ 0000-0002-2174-4485
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Esther Berger Vidal
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08766040
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Lucy Haydeé De la Cruz Cuadros
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06554824
Datos de investigación	
Línea de investigación	1.01.02 Matemáticas aplicadas

Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	Universidad Nacional Mayor de San Marcos País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Lima Coordenadas geográficas Latitud: -12.058333 Longitud: -77.083333
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Octubre 2021
URL de disciplinas OCDE	Matemáticas aplicadas https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.01.02

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL EN LA MODALIDAD VIRTUAL PARA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADO(A) EN INVESTIGACIÓN OPERATIVA (PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL 2021-I)

En Lima, siendo las 10:00 horas del sábado 02 de octubre del 2021, se reunieron los docentes designados como Miembros del Jurado del Trabajo de Suficiencia Profesional (PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL 2021-I): Dra. Esther Berger Vidal (PRESIDENTA), Lic. Lucy Haydeé De la Cruz Cuadros (MIEMBRO) y el Mg. José Carlos Oré Luján (MIEMBRO ASESOR), para la sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional titulado: "**ANÁLISIS DE COSTOS CON RESPECTO A LA LÍNEA BASE DE UN PROYECTO MEDIANTE LA SIMULACIÓN DE MONTE CARLO**", presentado por el señor **Bachiller Andric Adriano Apaza Martinez**, para optar el Título Profesional de Licenciado en Investigación Operativa.

Luego de la exposición del trabajo de suficiencia, la Presidenta invitó al expositor a dar respuesta a las preguntas formuladas.

Realizada la evaluación correspondiente por los miembros del Jurado Evaluador, el expositor mereció la aprobación **BUENO,** con un calificativo promedio de **DIECISÉIS**.

A continuación, los miembros del Jurado dan manifiesto que el participante **Bachiller Andric Adriano Apaza Martinez** ha Aprobado el Trabajo de Suficiencia Profesional.

Siendo las 10:30 horas se levantó la sesión firmando para constancia la presente Acta.

.

Dra. Esther Berger Vidal
PRESIDENTA

Lic. Lucy Haydee De La Cruz Cuadros
MIEMBRO

Mg. José Carlos Oré Luján
MIEMBRO ASESOR

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú. Decana de América
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INVESTIGACIÓN OPERATIVA

INFORME DE EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD

La Directora de la Escuela Profesional de Investigación Operativa, Mg. Carmela Catalina Velásquez Pino, informa lo siguiente:

1. Operador del programa informático de similitudes: Mg. Paulo César Olivares Taipe

Documento evaluado: ANÁLISIS DE COSTOS CON RESPECTO A LA LÍNEA BASE DE UN PROYECTO MEDIANTE LA SIMULACIÓN DE MONTE CARLO

2. Autor de la tesis: APAZA MARTINEZ ADRIC ADRIANO
3. Fecha de recepción de la tesis:03 de noviembre
4. Fecha de aplicación del programa informático de similitudes: 05 de noviembre
   - Software utilizado: Turnitin
5. Configuración del programa detector de similitudes:
   - Excluye textos entrecomillados
   - Excluye bibliografía
   - Excluye cadenas menores a 40 palabras
6. Porcentaje de similitudes según programa detector de similitudes: 9%
7. Fuentes originales de las similitudes encontradas:
   Fuentes de internet: 10%
   Publicaciones: 0%
   Trabajos de estudiantes: 4%
8. Calificación de originalidad:
   - El documento mencionado cumple criterios de originalidad, sin observaciones

Lima, 8 noviembre del 2021

UNMSM

Firmado digitalmente por VELASQUEZ PINO Carmela Catalina FAU 20148092282 soft
Motivo: Doy V° B°
Fecha: 07.11.2021 18:20:53 -05:00

Mg. Carmela Catalina Velásquez Pino
Directora

Dedico este trabajo a mis padres por su apoyo y dedicación.

RESUMEN

ANÁLISIS DE COSTOS CON RESPETO A LA LÍNEA BASE DE UN PROYECTO MEDIANTE SIMULACIÓN MONTECARLO

Andric Adriano Apaza Martinez

Octubre 2021

Título obtenido: Licenciado en Investigación Operativa

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo el cómo poder identificar la ocurrencia de un proyecto, con alta probabilidad, la cual puede aproximarse a un 75% de exactitud para que pueda llevarse a cabo y no desactivarse en el camino de su aprobación. En la empresa en investigación existe diversos proyectos de las líneas de negocio, muchos de estos proyectos son planificados con un año de anticipación y considerados en el presupuesto anual del área. Actualmente los proyectos exceden el presupuesto planificado por el área, lo que obliga a priorizar proyectos o en algunos casos no terminarlos y mandarlos al gasto. Para la solución del problema se utilizó el desglose del alcance y la simulación de Monte Carlo para obtener el costeo del proyecto en diversos escenarios. Se ejecutó en el software @Risk obteniendo resultados favorables. Se concluye con la obtención de una tabla estadística con diversos presupuestos asociados a su respectiva probabilidad, mostrando probabilidades de cumplimiento de hasta 99% superando el objetivo en el caso de estudio.

Palabras claves: Proyectos, desglose, costeo, simulación y planificación

ABSTRACT

ANALYSIS OF COSTS WITH RESPECT TO THE BASELINE OF A PROJECT THROUGH MONTECARLO SIMULATION

Andric Adriano Apaza Martinez

October 2021

Título obtenido: Licenciado en Investigación Operativa

The objective of this research is how to identify the occurrence of a project, with high probability, which can approach 75% accuracy so that it can be carried out and not be deactivated on the way to its approval. In the research company there are various projects of the business lines, many of these projects are planned a year in advance and considered in the annual budget of the area. Currently the projects exceed the budget planned by the area, which forces to prioritize projects or in some cases not finish them and send them to expense. To solve the problem, the scope breakdown and Monte Carlo simulation were used to obtain the project costing in various scenarios. It was run in the @Risk software with favorable results. It concludes with obtaining a statistical table with various assumptions associated with their respective probability, showing compliance probabilities of up to 99%, exceeding the objective in the case study.

Keywords: Projects, breakdown, costing, simulation and planning

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I – INTRODUCCIÓN ***1***

CAPÍTULO II – INFORMACIÓN DONDE SE DESARROLLA LA ACTIVIDAD ***3***

2.1. Introducción donde se desarrolló la actividad 3

2.1.1. Organigrama *4*

2.2. Finalidad y objetivos de la entidad 4

2.2.1. Misión *4*

2.2.2. Visión *5*

2.3. Razón social 5

2.4. Dirección postal 5

2.5. Correo electrónico del profesional a cargo 5

CAPÍTULO III – DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD ***6***

3.1. Organización de la actividad 6

3.2. Finalidad y objetivos de la actividad 6

3.3. Problemática 7

3.2.1. Problema general *7*

3.4. Metodología y Procedimiento 8

3.4.1. Teorías asociadas al tema *8*

3.4.2. Tipo y nivel de investigación *18*

3.4.3. Diseño de la investigación *18*

3.4.4. Acciones, metodologías y procedimientos *19*

3.5. Resultados de la Actividad 37

CAPÍTULO IV – CONCLUSIONES ***41***

CAPÍTULO VI – BIBLIOGRAFÍA ***42***

RECOMENDACIONES ***43***

APÉNDICE ***44***

Apéndice A: 44

Apéndice B: 44

CAPÍTULO I – INTRODUCCIÓN

El análisis de costo de proyectos se puede definir como la actividad para estimar los costos en que incurrirá una empresa u organización al momento de ejecutar un proyecto.

La estimación de costos en las empresas es importante en la elaboración del presupuesto, un error en la estimación de costos puede llevar a una sobrevaloración de proyecto o a una falta de recursos para culminar el proyecto llegando afectar la rentabilidad de la empresa. Una adecuada elaboración de presupuestos de proyectos ayuda a los gestores a llevar un control adecuado para que no incurran en malas prácticas lo cual conlleva a una mala gestión.

El estudio se realiza en la entidad grupo empresarial, el cual cuenta con cuatro unidades de negocio donde se realizan diversos proyectos de tecnología que las integran:

- Unidad de Negocio Prensa (Diarios)
- Unidad de Negocio Televisión
- Unidad de Negocio Digital
- Unidad de Negocio Servicios Empresariales (Impresiones Comerciales)

El área de tecnología y procesos actualmente realiza la estimación de costos para la elaboración de presupuestos de manera determinística, es por ello que muchas veces los proyectos no llegan a cumplir con el presupuesto establecido por el área; esta situación lleva a que muchos proyectos no se lleguen a concluir y se declaran como gasto, existen otros casos que para culminarlos se tiene que trasladar presupuesto de otros proyectos que aún no se han ejecutado. El objetivo es que con la aplicación de la simulación Monte Carlo se pretende evaluar diversos escenarios para obtener un presupuesto con cumplimento al 70% de ocurrencia. Con los resultados obtenidos se pretende tener una adecuada planificación de los costos de proyectos gestionados en el área de procesos y tecnología.

En el capítulo II, se detalla la información donde se desarrolla el tema en estudio;

En el capítulo III, encontramos la problemática y objetivos de la investigación.

En el capítulo IV, se abordan las bases teóricas y el análisis para la ejecución de los datos.

Por último, en el capítulo V, capítulo VI y capítulo VII se precisa los resultados, las conclusiones y recomendaciones respectivamente.

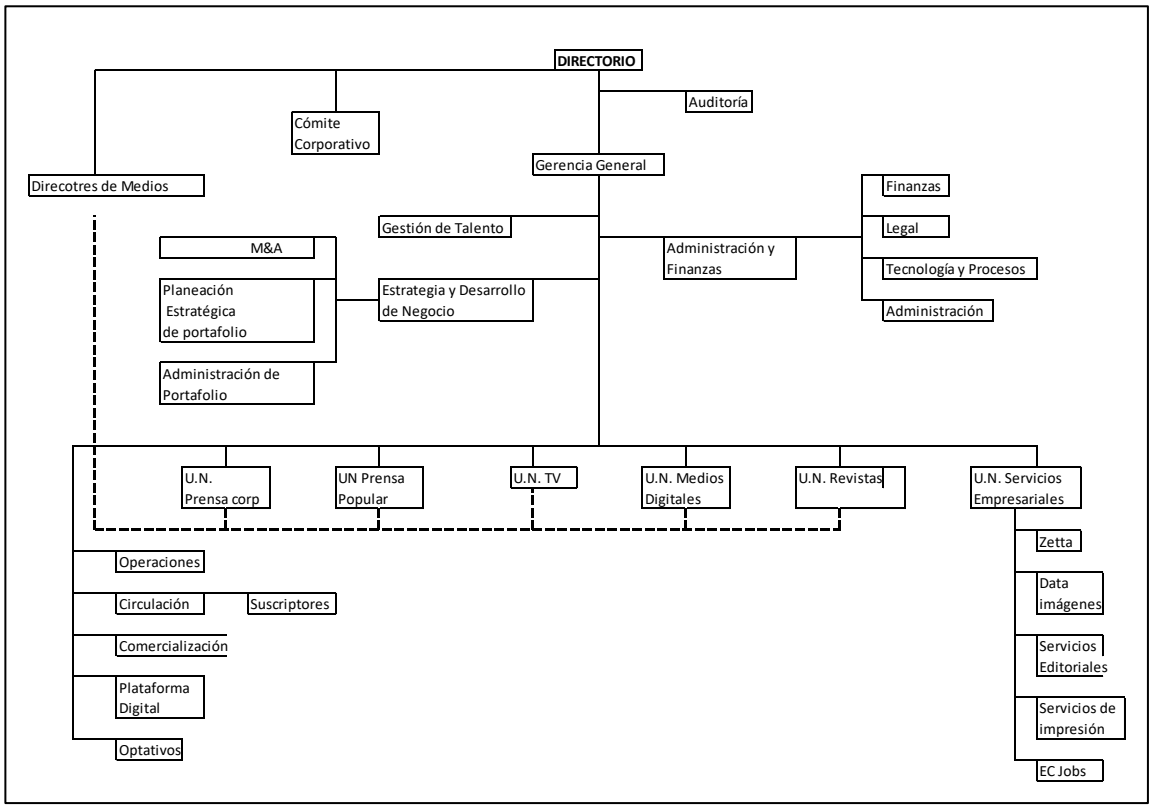
CAPÍTULO II – INFORMACIÓN DONDE SE DESARROLLA LA ACTIVIDAD

2.1. Introducción donde se desarrolló la actividad

La empresa donde se realiza el estudio., es una organización resultante de la fusión de diversas compañías. La Unidad de Negocio prensa es la encargada de operar toda la cadena de actividades primarias referente al diarios y revistas, suplementos periodísticos, insertos comerciales, Telefectivos y Web, que se distribuyen conjuntamente con el Diario y fascículos coleccionables.

Las labores son diversas y empieza desde el escrito de los diarios, artículos y las distintas publicaciones asociadas, concluyendo con el reparto de los ejemplares a través de diversos medios como es el llamado canal convencional donde la venta de diarios y reparto es ejecutada por los canillitas, el canal de suscripciones donde la venta a través de fuerza comercial y reparto se realiza mediante establecimientos mediante las concesiones. En el interior de ambos canales se desarrollan diversas actividades que van añadiendo más valor a las ediciones en cada una de sus actividades, entre ella tenemos la comercialización de publicidad, las promociones para lectores y anunciantes, la impresión de alta calidad que nos distingue, finalmente la interacción digital a través de su portal web con los lectores.

2.1.1. Organigrama



2.2. Finalidad y objetivos de la entidad

La finalidad y los objetivos del grupo empresarial son:

- Impulsar a las personas para mejorar y construir un mundo mejor.
- Ser líder de contenidos y audiencia; con una misión de un servicio transparente y verídico al Perú.

2.2.1. Misión

La misión del grupo empresarial es:

Servimos al Perú entregando información, entretenimiento, educación y cultura a través de contenidos periodísticos impresos y digitales generados por un staff comprometido. Nuestras marcas son reconocidas por su credibilidad, excelencia e innovación. Facilitamos el intercambio comercial entre nuestras audiencias y nuestros anunciantes y aspiramos a ser la primera opción y referencia editorial para los peruanos.

2.2.2. Visión

Según el grupo empresarial en estudio su visión es:

Ser el principal Grupo Multimedia de información periodística comprometido con el País. Mantiene sus principios y valores desde su origen cuando nace su primer diario.

2.3. Razón social

Por cuestiones de confidencialidad no se puede completar esta información, pero se da fe que los datos son fidedignos.

2.4. Dirección postal

2.5. Correo electrónico del profesional a cargo

CAPÍTULO III – DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

3.1. Organización de la actividad

La empresa en estudio inició sus operaciones en 1839 como una empresa dedicada al rubro de prensa desde ahí fue creciendo y diversificando su inversión en diferentes rubros en el Perú, actualmente tiene cuatro líneas de negocio. Se considera como una de las empresas con mayor participación en cada una de las líneas de negocio y se proyecta a seguir creciendo. En los últimos años estamos viviendo una constante transformación digital y muchas de estas tecnologías son trasladadas a las empresas para agilizar y optimizar sus procesos. El grupo empresarial tiene empresas donde su principal core es el negocio digital; diversificadas en empresas tales como empresa digital A, la cual está dedicada al E-commerce; empresa digital B, la cual es una empresa donde se anuncian las ventas de vehículos en un portal web; empresa digital C, empresa logística dedicada a realizar entregas; empresa digital D, dedicada a la recaudación de dinero de los pagos online la cual ayuda a los clientes a realizar cualquier tipo de pago sin brindar sus datos sensibles como número de tarjeta y código CVV. También por línea de prensa tenemos la suscripción a periódicos digitales.

Debido a la naturaleza de estas empresas siempre deben estar en constante innovación digital es por ello que todos los años se realizan proyectos en el área de tecnología.

3.2. Finalidad y objetivos de la actividad

- Detallar los costos estimados por actividades
- Tener un 25% de reserva para contingencias en un presupuesto con 70% de ocurrencia.
- Establecer como procedimiento de Costeo la simulación de Monte Carlo.

3.3. Problemática

En el área de procesos y tecnología de la empresa existen diversos proyectos de las líneas de negocio, muchos de estos proyectos son planificados con un año de anticipación y considerados en el presupuesto anual del área. Estos presupuestos son elaborados en el mes de octubre de cada año para que puedan ser aprobados por el directorio en el mes de noviembre y ejecutado desde enero del siguiente año. La inversión en proyectos exceden el presupuesto planificado por el área, lo que obliga a priorizar proyectos o en algunos casos no terminarlos y mandarlos al gasto. Por ahora no se cuenta con un procedimiento o una herramienta que nos presupuesten un proyecto con alta probabilidad de cumplimiento.

3.2.1. Problema general

¿De qué manera la aplicación de simulación de Monte Carlo permitirá cumplir con el costeo base de la planificación en el área de gestión de proyectos?

3.4. Metodología y Procedimiento

3.4.1. Teorías asociadas al tema

La técnica que más influenció en la realización de este trabajo de investigación fue simulación de sistemas, ya que ayudó a observar que usando la aplicación de Monte Carlo podría saber el costo de las actividades de un proyecto en diversos escenarios, lo que me ayudaría en la planificación de proyectos.

También se aplicaron las herramientas adquiridas en el curso de Administración de Organizaciones y Sistemas (AOS) para poder realizar el Esquema de Desglose de Trabajo (EDT) del proyecto donde se llevó a cabo la investigación y así tener un mejor entendimiento del alcance; se identificó todas las actividades a costear para el análisis de costos.

Para la estimación de costos, se hizo uso de los conocimientos de cálculo de probabilidades para trabajar con la distribución PERT, ya que se necesitaba el costo estimado para las actividades en la que se analizaría el problema.

EDT

Existen muchas herramientas de planificación para la adecuada gestión de proyectos, la cual nos ayudan a definir el alcance y los objetivos; sin embargo, una adecuada definición de objetivos o alcance del producto no garantiza el éxito del proyecto, es importante ejecutar el trabajo pertinente para obtener dichos objetivos. El EDT es una herramienta muy útil, para lograrlo se define las actividades a ejecutarse, cual nos lleva a separar el alcance hasta la mínima actividad administrable y esto se obtiene con la elaboración de la estructura desagregada de trabajos del proyecto, también reconocida por su nombre en inglés Work Breakdown Structure o de manera abreviada como WBS; en la gestión de proyectos un desglose jerárquico orientado al trabajo al termino de cada hito establecido en el proyecto ejecutado por el equipo, para lograr los objetivos de establecidos y elaborar los entregables que se demanden.

Cuando el alcance ha sido validado y aprobado por los interesados, recién se puede empezar a crear la EDT del proyecto, esta se puede ajustar en el transcurso del mismo, esta herramienta debe asegurar de incluir todo el trabajo necesario e indispensable y discriminar lo innecesario. Además, brinda ayuda para supervisar las actividades que son completadas y registrar el avance del proyecto.

según la guía de los fundamentos del PMBOK (2017).

> La estructura de EDT/WBS se puede crear a través de varios enfoques. Entre los métodos más habituales se cuentan el enfoque descendente, el uso de guías específicas de la organización y el uso de plantillas de la EDT/WBS. Se puede utilizar un enfoque ascendente para subcomponentes del grupo. La estructura de la EDT/WBS se puede representar de diferentes maneras. Primero utilizando las fases del ciclo de vida del proyecto como segundo nivel de descomposición, con los entregables del producto y del proyecto insertados en el tercer nivel, como se ilustra en la figura 5.13. Segundo utilizando los entregables principales como segundo nivel de descomposición, como se muestra en la figura 5.14. E incorporando componentes de nivel inferior que pueden desarrollar organizaciones externas al equipo del proyecto, como por ejemplo trabajo contratado. Así, el vendedor desarrollará la EDT/WBS para el contrato como parte del trabajo contratado. (p.159)

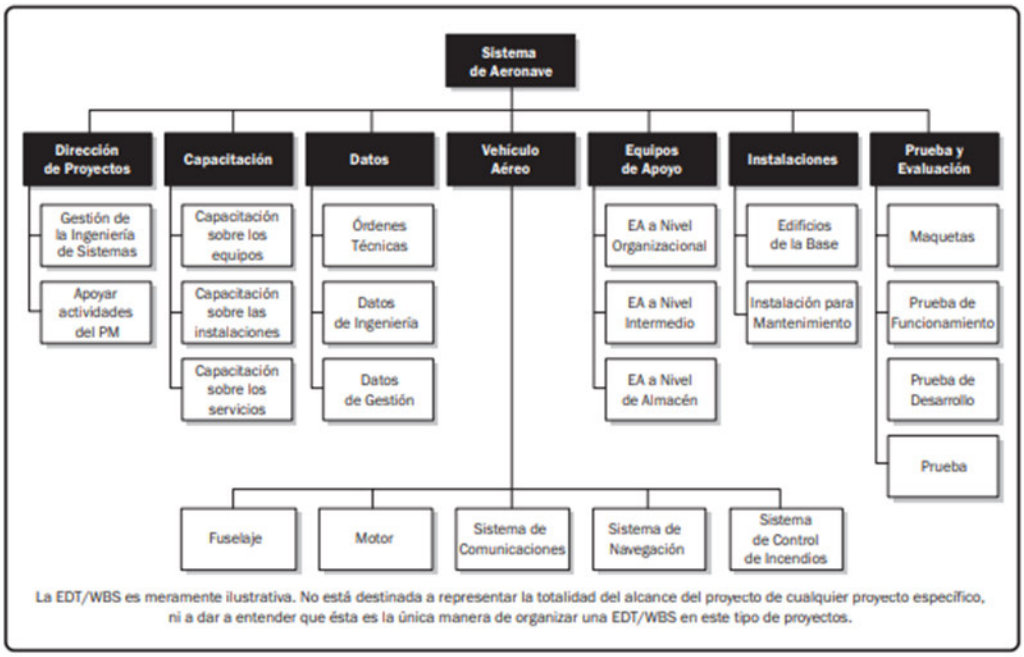


Figura 5.13. Ejemplo de una EDT/WBS organizada por Fases

Fuente: Project Management Institute. (2017). Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos.

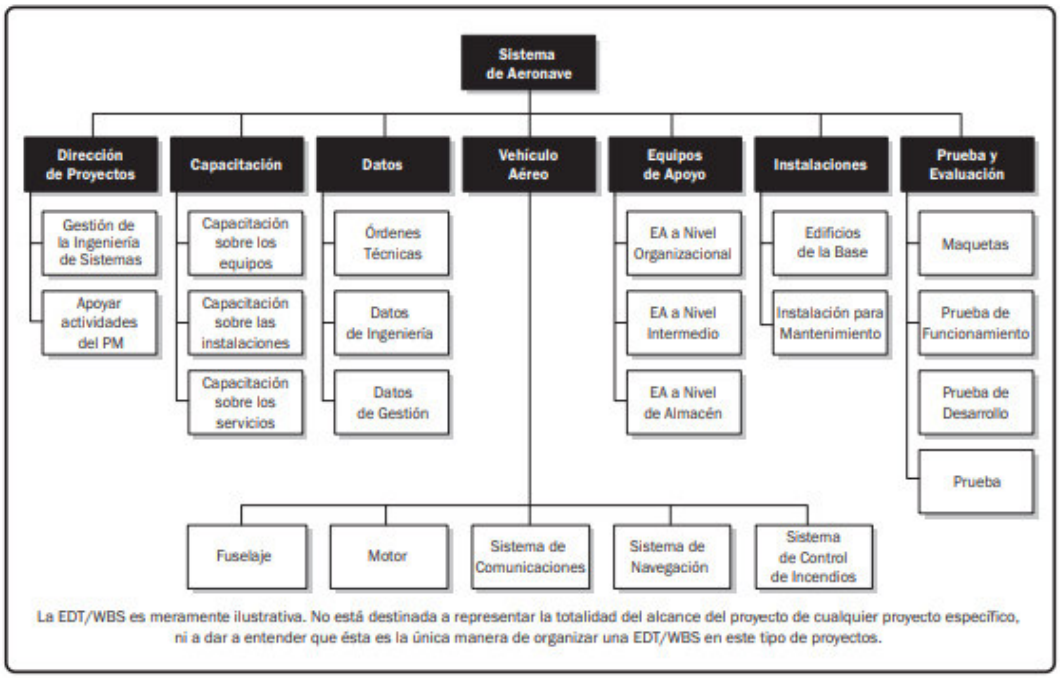


Figura 5.14. Ejemplo de una EDT/WBS basada en los Entregables

Fuente: Project Management Institute. (2017). Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos.

JUICIO DE EXPERTOS

Según la guía de los fundamentos PMBOK (2017)

> El juicio de expertos se define como el juicio que se brinda sobre la base de la experiencia en un área de aplicación, Área de Conocimiento, disciplina, industria, etc., según resulte apropiado para la actividad que se está ejecutando. Dicha pericia puede ser proporcionada por cualquier grupo o persona con educación, conocimiento, habilidad, experiencia o capacitación especializada. (p.79)

En el juicio de expertos nos es muy útil cuando queremos dar valores a ciertas variables de las cuales no tenemos un histórico, pero que gracias al expertis del

especialista en el área de aplicación nos brinda rangos en los que se mueve el valor de la variable.

SIMULACIÓN

Según Winston (2005) define de la siguiente manera:

> La simulación se podría definir como una técnica que imita la operación de un sistema del mundo real a medida que evoluciona con el tiempo. Esto normalmente se hace desarrollando un modelo de simulación.
>
> Un modelo de simulación, por lo general, toma la forma de un conjunto de suposiciones acerca de la operación del sistema, expresado como relaciones matemáticas o lógicas entre los objetos de interés en el sistema. El proceso de simulación tiene que ver con ejecutar el modelo a través del tiempo. (P. 1145)

Según Banks (2010), el desarrollo de un modelo de simulación sigue la siguiente metodología:

> Formulación del problema: Toda simulación comienza con el enunciado de un problema. Si este enunciado es dado por quienes tienen el problema (Cliente), es indispensable tener un claro entendimiento de este.
> Establecimiento de objetivos y el plan general del proyecto: Los objetivos indican las preguntas que deben ser respondidas a través del estudio de la simulación.
>
> Conceptualización del modelo: El sistema real que está bajo investigación y análisis debe ser llevado a un modelo conceptual, una serie de relaciones lógicas y matemáticas que representan los diferentes componentes y estructura del sistema.
>
> Recolección de datos: Cuando el plan del proyecto es aceptado, se debe enviar una programación con los requerimientos de datos necesarios al cliente.

Traducción del modelo: El modelo anteriormente descrito en el paso 3 debe ser codificado en un formato que sea reconocido por el software de modelación utilizado.

Verificación: En esta etapa se evalúa si el modelo está funcionando apropiadamente. La verificación es un proceso continuo a lo largo de todo el proceso de simulación.

Validación: La validación es un proceso en el cual se evalúa si el modelo conceptual es una acertada aproximación del sistema real analizado.

Diseño de experimentos: Para cada escenario que se vaya a simular, se deben tomar decisiones como el tiempo de simulación, el número de corridas o réplicas y las maneras de iniciar el modelo.

Realizar corridas y análisis: Las diferentes corridas y su posterior análisis son utilizados para estimar medidas de desempeño de los diferentes escenarios que han sido simulados.

Documentación y reporte: En esta etapa se deben reunir todos los diferentes análisis y resultados obtenidos en todo el proyecto de simulación para ser presentados a los clientes de este proyecto y las diferentes partes interesadas. (P.35)

Según Shannon (1988)

La 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 y evaluar varias estrategias con las cuales se puede operar el sistema. Para realizar un experimento de simulación se debe realizar los siguientes pasos:

Definición del sistema: Se tiene que realizar un análisis preliminar del sistema para identificar sus interrelaciones con otros sistemas, así como sus variables y restricciones.

Formulación del modelo: Es la representación del sistema con todas sus variables y restricciones.

Colección de datos: Es la información requerida para realizar la experimentación del modelo, para obtener los resultados deseados se deben tener los datos con claridad y exactitud.

Implementación del modelo: Con el modelo ya elaborado el siguiente paso es ingresar a la computadora para simular y obtener los datos deseados.

Validación: En esta etapa se valida el modelo ingresado en la computadora definiendo la exactitud.

Experimentación: Se realiza después de la validación, consiste en procesar los datos.

Interpretación: Se obtiene después de realizar la experimentación, consiste en interpretar los resultados arrojados por la simulación.

Documentación: Se realiza la documentación técnica del modelo y la documentación para el manual de usuario. (p.39)

Simulación Montecarlo

La simulación Monte Carlo es una técnica matemática computarizada que permite tener en cuenta el riesgo en análisis cuantitativos y tomas de decisiones. Esta técnica es utilizada por profesionales de campos tan dispares como los de finanzas, gestión de proyectos, energía, manufacturación, ingeniería, investigación y desarrollo, seguros, petróleo y gas, transporte y medio ambiente. (Palaside, 2017, p.2.)

Los científicos que trabajaron con la bomba atómica utilizaron esta técnica por primera vez; y le dieron el nombre de Monte Carlo, la ciudad turística de Mónaco conocida por sus casinos. Desde su introducción durante la Segunda Guerra Mundial, la simulación Monte Carlo se ha utilizado para modelar diferentes sistemas físicos y conceptuales. La simulación Monte Carlo ofrece a la persona responsable de tomar las decisiones una serie

de posibles resultados, así como la probabilidad de que se produzcan según las medidas tomadas. Muestra las posibilidades extremas, los resultados de tomar la medida más arriesgada y la más conservadora, así como todas las posibles consecuencias de las decisiones intermedias. La simulación Monte Carlo es un método estadístico el cual para resolver problemas se basa en la generación de variables aleatorias. El punto importante de este método es que se basa en la generación de número aleatorios, el rango de valores que toman una variable sigue una distribución de probabilidad, con estos el método realiza miles de réplicas brindando valores de diversos escenarios. Las distribuciones de probabilidad más comunes. (Palaside, 2017, p.3.)

Según el PMBOK (2017)

La Gestión de los Costos del Proyecto incluye los procesos involucrados en planificar, estimar, presupuestar, financiar, obtener financiamiento, gestionar y controlar los costos de modo que se complete el proyecto dentro del presupuesto aprobado. Los procesos de Gestión de los Costos del Proyecto son: Planificar la Gestión de los Costos, estimar los Costos, determinar el Presupuesto y controlar los Costos. (p. 231)

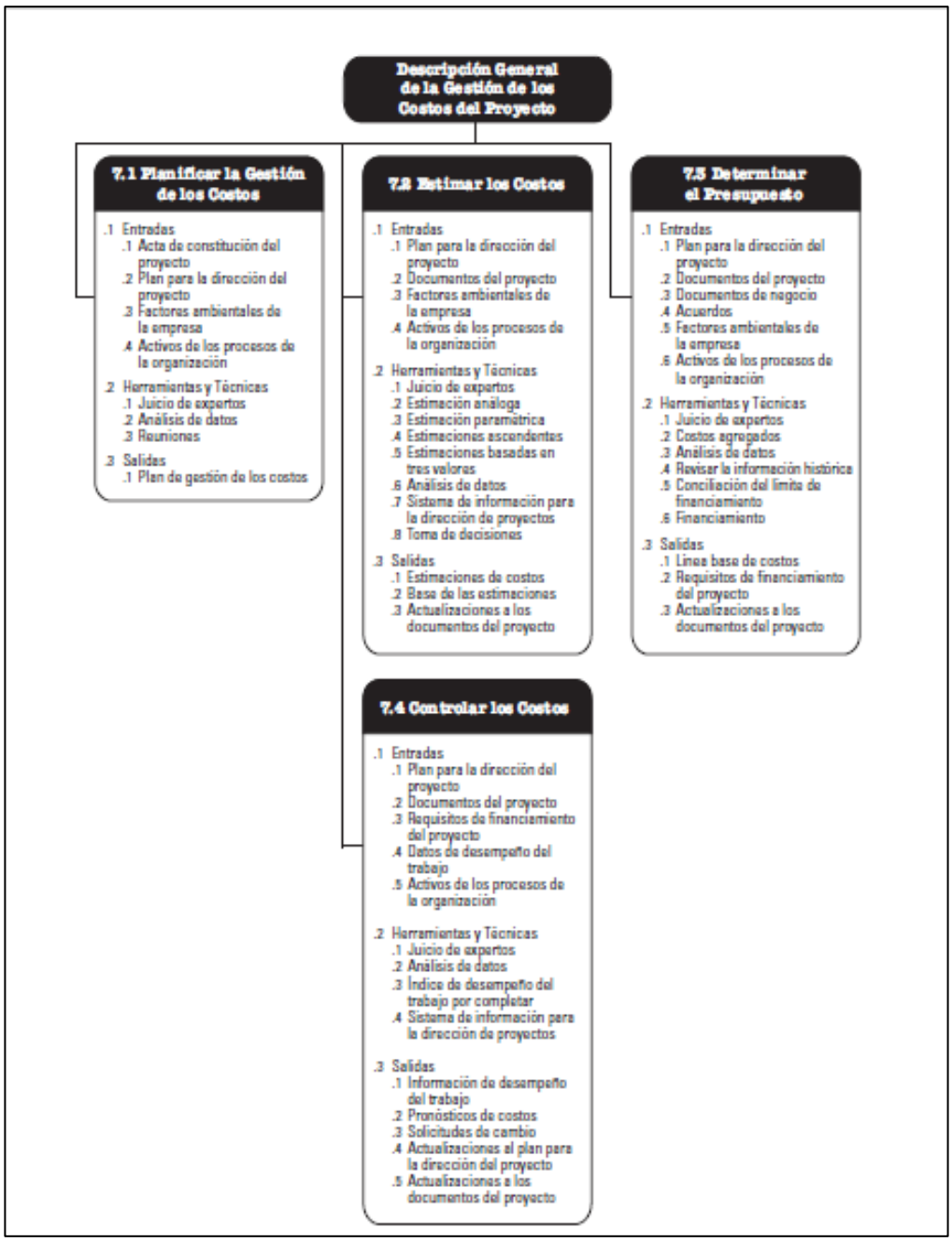


Figura 7.1. Descripción General de la Gestión de los Costos del Proyecto

Fuente: Project Management Institute. (2017). Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos.

Función de probabilidad normal

Según Beaver B., Beaver R. y Mendenhall W (2010). indican que:

> Las distribuciones de probabilidad continua pueden tomar varias formas, pero un gran número de variables aleatorias observadas en la naturaleza poseen una distribución de frecuencia que tiene más o menos la forma de montículo, o bien, como diría un estadístico, es aproximadamente una distribución normal de probabilidad. La fórmula que genera esta distribución se muestra a continuación. (p. 223.)

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-1}{2}\left(\frac{X-u}{\sigma}\right)^2}$$

$f(x)$ = Función de probabilidad.

σ = Desviación estándar.

X = Valor a calcular.

u = Media

Luego para hallar la probabilidad de la distribución normal hacemos uso de la integral de la función de densidad de la distribución normal

$$\int_a^b \frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{\sigma\sqrt{2\pi}}} \boldsymbol{e}^{\frac{\mathbf{-1}}{\mathbf{2}}\left(\frac{\boldsymbol{X-u}}{\boldsymbol{\sigma}}\right)^2}$$

Donde P (a ≤ X ≤ b)

σ = Desviación estándar.

X = Valor a calcular.

u = Media

b = Cota superior

a = Cota inferior

para hallar P (X ≤ b) tomamos

$$\int_{-\infty}^{b} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-1}{2}\left(\frac{X-u}{\sigma}\right)^2}$$

3.4.2. Tipo y nivel de investigación

Enfoque de investigación

El enfoque de investigación realizada en este trabajo es la siguiente:

- **Cuantitativa**; ya que se recolectan información de costos de las actividades del proyecto en estudio para probar hipótesis planteada mediante el uso del cálculo numérico y el análisis estadístico.

El desarrollo de la investigación es:

- **Analítico;** ya que para validar la hipótesis planteada se analizó el proyecto descomponiéndolo en partes o elementos mediante el uso del EDT, para luego aplicar la Simulación de Monte Carlo.

Tipo de investigación

Para llevar a cabo este proyecto se aplicó el siguiente tipo de investigación:

- **Descriptiva;** el trabajo de investigación permite describir la relación, el análisis y la explicación de los datos de la situación problemática actual presentada por el área de proyectos en la empresa.

3.4.3. Diseño de la investigación

Para el trabajo de investigación se aplicó las siguientes estrategias:

- **Experimental;** ya que este trabajo implicó realizar un análisis de las variables utilizadas a una determinada situación, para revisar sus consecuencias, todos los escenarios manejados fueron detallados,

analizados y los resultados con proyecciones a recomendar para futuras acciones.

- **Documental;** porque se utiliza diversas fuentes bibliográficas para incrementar, analizar y profundizar la problemática en estudio. Todas las fuentes bibliográficas que se emplearon fueron tomadas de libros, artículos de internet y otras fuentes.

3.4.4. Acciones, metodologías y procedimientos

Para poder resolver el caso en estudio, objeto del informe se analizó como primer punto ¿por qué se invertía mucho dinero para poder culminar la ejecución del proyecto?, llegando a observar que era porque se tenía sobrecostos con respecto a las bases de la planificación del proyecto que estaban generando problemas en el área de procesos y TI. Para poder cambiar ese panorama se optó por saber cuál era la problemática, es decir, a qué se debía dicho sobrecosto obteniendo como resultado que el costeo se realizaba de manera inadecuada. Luego, con el fin de mejorar la planificación de costes, se comenzó a analizar los costos de cada actividad del alcance del proyecto con la estimación en tres valores basados en la distribución beta como modelo para la aplicación en el método PERT.

$$E(i) = \frac{min_i + 4most\ likely_i + max_i}{6}$$

$$\sigma_{\mathrm{i}} = \frac{max_i - min_i}{6}\ ;\ VAR = \sigma^2$$

Donde:

E = Valor estimado

VAR = Varianza

σ = Desviación Estándar

i = Número de corridas

Min = valor mínimo

Most likely = Valor más probable

Max = Valor máximo

Tabla 1

EDT del proyecto

EDT	Nombre de tarea
1	Proyecto Roll OUT Modulo SAP HCM
1.1	Preparación del Proyecto
1.1.1	Preparación del Entregables de Fase
1.1.2	Reunión de Kick Off del Proyecto
1.2	HITO: Proyecto Preparado
1.3	Business Blueprint
1.3.1	Levantamiento de Procesos Actuales
1.3.1.1	Gestión de Organización
1.3.1.2	Gestión de Personal
1.3.1.3	Gestión de Tiempos
1.3.1.4	Gestión de Nómina
1.3.1.5	Revision programas Z
1.3.1.6	Revision de servicios PORTAL
1.3.2	Elaboración del BBP
1.3.2.1	OM - Gestión de Organización
1.3.2.1.1	Definición de procesos Módulo OM
1.3.2.2	PA - Administración de Personal
1.3.2.2.1	Definición de Datos Maestros de Personal nueva Sociedad
1.3.2.3	PT - Gestión de Tiempos
1.3.2.3.1	Definición de proceso de Tiempos nueva Sociedad
1.3.2.4	PY - Gestión de Nómina
1.3.2.4.1	Detalle de procesos a ajustar para nueva Sociedad
1.3.2.4.2	Detalle de CC-Nóminas a utilizar y asignacion contable
1.3.2.5	Definición de Cargas Masivas
1.3.2.5.1	OM - Gestión de Organización
1.3.2.5.2	PA - Administración de Personal
1.3.2.5.3	TM - Gestin de Tiempo
1.3.2.5.4	PY - Gestión de Nómina
1.3.2.6	Definición de desarrollos
1.3.2.6.1	Detalle de USER-EXITS con validaciones por sociedad
1.3.2.6.2	Detalle de programas Z con validaciones por sociedad
1.3.2.6.3	Inventario de GAP's
1.3.2.6.4	Resolución de GAP's
1.3.2.7	Definicion de Servicios PORTAL
1.3.2.7.1	Inventarios de Servicios
1.3.2.7.2	Detalle de programas Z en el R/3
1.3.3	HITO: Business Blueprint Terminado
1.4	Realización

1.4.1	Especificaciones Desarrollos Z y USER-EXIT
1.4.1.1	Especificaciones Técnicas desarrollos Z
1.4.1.2	Especificaciones Técnicas USER-EXITS
1.4.2	Configuración
1.4.2.1	OM - Gestión de Organización
1.4.2.1.1	Definición de Objetos y Rangos de Números
1.4.2.1.2	Ajuste de Vinculaciones e Infotipos OM
1.4.2.2	PA - Administración de Personal
1.4.2.2.1	Estructura de Empresa (Sociedad, división, subdivision de personal y clave organizativa)
1.4.2.2.2	Estructura de Trabajador (Grupos y áreas de personal)
1.4.2.2.3	Propuesta y Rangos de Números de personal
1.4.2.2.4	Medidas de Personal
1.4.2.2.5	Medidas Dinámicas
1.4.2.2.6	Coordinacion con el equipo de autorizacion para creacion de perfiles estructurales
1.4.2.3	TM - Gestión de Tiempos
1.4.2.3.1	Configuración de horarios de trabajo teóricos
1.4.2.3.2	Entrada de Datos de Tiempos (Carga de marcaciones)
1.4.2.3.3	Proceso de Evaluación de Tiempos
1.4.2.3.4	Ajustes de Horas Extras pagadas y compensadas
1.4.2.4	PY - Cálculo de Nómina
1.4.2.4.1	Organización de la Nómina en funcion a agrupadores nueva sociedad
1.4.2.4.2	Ajuste de reglas y esquema de nómina regular
1.4.2.4.3	Ajustes de reglas y esquemas para Nóminas Especiales
1.4.2.4.4	Evaluación para la Contabilización de Finanzas
1.4.2.4.5	Ajustes interfaces bancarias
1.4.2.5	Interfaces
1.4.2.5.1	Ajustes T-Registro
1.4.2.5.2	Ajustes PLAME
1.4.2.5.3	Ajustes AFP.Net
1.4.2.5.4	Boleta de Pago
1.4.2.6	Reportes Z y USER-EXITS
1.4.2.6.1	Ajustes de Reportes Z y USER-EXITS definidos en BBP
1.4.2.7	Servicios PORTAL
1.4.2.7.1	Adaptacion Servicios PORTAL
1.4.2.7.2	Ajustes programas Servicios PORTAL

1.4.3	Pruebas Unitarias
1.4.3.1	Planificación y Definición de Pruebas Unitarias
1.4.3.1.1	Casos de Test para pruebas unitarias
1.4.3.2	Ejecución Pruebas Unitarias
1.4.3.2.1	Pruebas Unitarias
1.4.3.2.2	Pruebas de Carga Inicial
1.4.3.3	Desarrollo del Plan de Corte
1.4.3.4	Casos de Test para Pruebas Integrales
1.4.4	HITO: Pruebas Unitarias Finalizadas
1.4.5	Pruebas Integrales
1.4.5.1	Transportes a QAS
1.4.5.2	Pruebas de Carga Inicial en QA
1.4.5.3	Carga de datos Maestro OM y PA
1.4.5.4	Carga de Históricos de Nómina
1.4.5.5	Validación de Datos Cargados
1.4.5.6	Desarrollo de Pruebas Integrales
1.4.5.6.1	Organización y Datos Maestros
1.4.5.6.2	Evalacion de Tiempos
1.4.5.6.3	Nómina Regular
1.4.5.6.4	Nóminas especiales
1.4.5.6.5	Contabilización de Nómina
1.4.5.6.6	Reportes - Interfaces - USER-EXIT
1.4.5.6.7	Servicios PORTAL
1.4.5.6.8	Ajustes, Correcciones, Re-Prueba
1.4.5.6.9	Presentación, Revisión y Aprobación del Plan de Corte
1.4.6	HITO: Solución Probada y Aprobada
1.5	Preparación Final
1.5.1	Actualización del Ambiente Productivo
1.5.1.1	Transporte de Configuración
1.5.1.2	Revisión de Transportes
1.5.2	Cargas Iniciales
1.5.2.1	Carga de datos Maestro OM y PA
1.5.2.2	Coordinacion con el equipo de autorizacion para creacion de perfiles estructurales
1.5.2.3	Carga de Históricos de Nómina
1.5.2.4	Validación de Datos Cargados
1.5.3	HITO: Sistema en Productivo
1.5.4	Go Live & Soporte
1.5.4.1	Soporte
1.5.4.2	Presentación Final del Proyecto / Reunión de Cierre
1.5.5	HITO: Fin de Proyecto

En la tabla 2 se registran las actividades del EDT con sus costos y la estimación en 3 valores.

Tabla 2

Proyecto Roll OUT Modulo SAP HCM	O	M	P
Preparación del Entregables de Fase	S/ 640.00	S/ 800.00	S/ 1,200.00
Reunión de Kick Off del Proyecto	S/ 640.00	S/ 800.00	S/ 1,200.00
Levantamiento de Procesos Actuales	S/ 1,920.00	S/ 2,400.00	S/ 3,600.00
Gestión de Organización	S/ 640.00	S/ 800.00	S/ 1,200.00
Gestión de Personal	S/ 640.00	S/ 800.00	S/ 1,200.00
Gestión de Tiempos	S/ 640.00	S/ 800.00	S/ 1,200.00
Gestión de Nómina	S/ 640.00	S/ 800.00	S/ 1,200.00
Revision programas Z	S/ 640.00	S/ 800.00	S/ 1,200.00
Revision de servicios PORTAL	S/ 640.00	S/ 800.00	S/ 1,200.00
Definición de procesos Módulo OM	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Definición de Datos Maestros de Personal nueva Sociedad	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Definición de proceso de Tiempos nueva Sociedad	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Detalle de procesos a ajustar para nueva Sociedad	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Detalle de CC-Nóminas a utilizar y asignacion contable	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
OM - Gestión de Organización	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
PA - Administración de Personal	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
TM - Gestin de Tiempo	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
PY - Gestión de Nómina	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Detalle de USER-EXITS con validaciones por sociedad	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Detalle de programas Z con validaciones por sociedad	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Inventario de GAP's	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Resolución de GAP's	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Inventarios de Servicios	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Detalle de programas Z en el R/3	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Especificaciones Técnicas desarrollos Z	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Especificaciones Técnicas USER-EXITS	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Definición de Objetos y Rangos de Números	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Ajuste de Vinculaciones e Infotipos OM	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Estructura de Empresa (Sociedad, división, subdivision de personal y clave organizativa)	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Estructura de Trabajador (Grupos y áreas de personal)	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Propuesta y Rangos de Números de personal	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Medidas de Personal	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Medidas Dinámicas	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Coordinacion con el equipo de autorizacion para creacion de perfiles estructurales	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Configuración de horarios de trabajo teóricos	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Entrada de Datos de Tiempos (Carga de marcaciones)	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Proceso de Evaluación de Tiempos	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Ajustes de Horas Extras pagadas y compensadas	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Organización de la Nómina en funcion a agrupadores nueva sociedad	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Ajuste de reglas y esquema de nómina regular	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Ajustes de reglas y esquemas para Nóminas Especiales	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Evaluación para la Contabilización de Finanzas	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Ajustes interfaces bancarias	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Ajustes T-Registro	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Ajustes PLAME	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Ajustes AFP.Net	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Boleta de Pago	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Ajustes de Reportes Z y USER-EXITS definidos en BBP	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Adaptacion Servicios PORTAL	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Ajustes programas Servicios PORTAL	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Casos de Test para pruebas unitarias	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Pruebas Unitarias	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Pruebas de Carga Inicial	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Desarrollo del Plan de Corte	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Casos de Test para Pruebas Integrales	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Transportes a QAS	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Pruebas de Carga Inicial en QA	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Carga de datos Maestro OM y PA	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Carga de Históricos de Nómina	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Validación de Datos Cargados	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Organización y Datos Maestros	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Evalacion de Tiempos	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Nómina Regular	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Nóminas especiales	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Contabilización de Nómina	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Reportes - Interfaces - USER-EXIT	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Servicios PORTAL	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Ajustes, Correcciones, Re-Prueba	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Presentación, Revisión y Aprobación del Plan de Corte	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Transporte de Configuración	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Revisión de Transportes	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Carga de datos Maestro OM y PA	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Coordinacion con el equipo de autorizacion para creacion de perfiles estructurales	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Carga de Históricos de Nómina	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Validación de Datos Cargados	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Soporte	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Presentación Final del Proyecto / Reunión de Cierre	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00

Realizamos el coste de 5 actividades con un valor determinístico tal como detalla la tabla 3.

Tabla 3

Proyecto Roll OUT Modulo SAP HCM	Valor Determinístico
Preparación del Entregables de Fase	800
Reunión de Kick Off del Proyecto	800
Levantamiento de Procesos Actuales	2400
Gestión de Organización	800
Gestión de Personal	800
Gestión de Tiempos	800

Realizamos el coste de 5 actividades con estimación en 3 valores tal como se detalla en la tabla 4.

Tabla 4

Proyecto Roll OUT Modulo SAP HCM	O	M	P
Preparación del Entregables de Fase	640	800	1200
Reunión de Kick Off del Proyecto	640	800	1200
Levantamiento de Procesos Actuales	1920	2400	3600
Gestión de Organización	640	800	1200
Gestión de Personal	640	800	1200
Gestión de Tiempos	640	800	1200

Calculamos nuestro valor esperado y desviación estándar de acuerdo a la distribución PERT también con ayuda del Excel generamos nuestros números aleatorios tal como indica la tabla 4.

$$E(i) = \frac{min_i + 4most\ likely_i + max_i}{6}$$

$$\sigma_i = \frac{max_i - min_i}{6}\ ;\ VAR = \sigma^2$$

Tabla 5

	A	B	C	D	E	F
1						
2		**Proyecto Roll OUT Modulo SAP HCM**	**O**	**M**	**P**	
3		Preparación del Entregables de Fase	640	800	1200	
4		Reunión de Kick Off del Proyecto	640	800	1200	
5		Levantamiento de Procesos Actuales	1920	2400	3600	
6		Gestión de Organización	640	800	1200	
7		Gestión de Personal	640	800	1200	
8		Gestión de Tiempos	640	800	1200	
9						
10			=(C3+4*D3+E3)/6	=(E3-C3)/6	=ALEATORIO()	=INV.NORM(E12;C12;D12)
11		**Proyecto Roll OUT Modulo SAP HCM**	**Valor Esper.**	**SIGMA**	**Probabilidad**	**Valor Estimado**
12		Preparación del Entregables de Fase	840	93.333	0.337	800.627
13		Reunión de Kick Off del Proyecto	840	93.333	0.997	1092.735
14		Levantamiento de Procesos Actuales	2520	280.000	0.583	2578.534
15		Gestión de Organización	840	93.333	0.914	967.374
16		Gestión de Personal	840	93.333	0.298	790.503
17				**Total presupuestado**		**6229.774**
18						

Realizamos 100 corridas para 5 actividades como muestra para determinar sus costos en 100 escenarios distintos con ayuda del Excel lo cual se muestra en la tabla 5.

Tabla 6

# Corridas	Actividad 1	Actividad 2	Actividad 3	Actividad 4	Actividad 5
1	668.87	797.74	2483.17	782.54	844.89
2	771.76	937.19	2198.08	866.10	918.94
3	821.20	788.16	2727.87	872.35	678.99
4	796.15	855.84	2146.53	932.02	895.77
5	930.61	857.75	2700.32	786.21	833.37
6	706.66	1001.04	2857.61	937.19	881.42
7	804.24	884.52	2325.60	908.69	924.89
8	951.58	1070.09	2758.30	793.47	930.43
9	741.39	862.99	3080.16	900.87	848.34
10	794.85	869.74	2725.27	825.49	817.44
11	750.37	832.60	2424.71	834.08	771.68
12	899.38	741.26	2333.51	634.33	931.04
13	977.93	903.12	2662.80	892.23	862.92
14	814.70	895.27	2694.66	889.93	931.73
15	772.86	889.81	2299.22	900.72	667.30
16	663.49	917.58	2362.66	889.38	986.47
17	949.80	980.76	2449.07	777.76	830.45
18	786.24	865.84	2915.82	924.95	897.90
19	850.84	961.47	2966.86	994.04	852.35
20	821.34	953.13	2780.03	904.20	937.90
21	1035.55	913.48	3068.20	737.67	753.47
22	795.91	878.61	2404.87	839.58	977.95
23	915.05	1184.04	2627.10	947.13	864.92
24	708.38	947.45	2587.63	806.07	923.76
25	717.88	841.97	2885.13	953.20	978.86
26	906.23	865.32	3137.89	898.62	782.23
27	800.44	986.90	2776.87	729.99	893.39
28	922.31	821.54	2802.19	853.52	754.66
29	897.63	751.56	2805.67	833.47	842.90
30	953.30	788.47	2276.82	784.76	719.04
31	900.79	934.08	2399.79	788.34	883.45
32	906.95	734.89	2454.02	837.53	808.88
33	959.21	695.15	2105.82	640.19	826.98
34	890.59	869.27	2609.62	655.65	928.10
35	852.70	960.03	2649.34	992.49	949.37
36	741.00	1023.18	2455.09	868.06	681.68
37	1030.65	803.84	2578.24	764.97	853.02
38	766.32	705.43	2586.39	761.78	859.35
39	770.95	818.94	2055.36	866.85	893.48
40	803.33	827.63	2698.83	764.84	874.98
41	767.51	861.65	2793.13	859.96	641.22
42	1064.77	744.81	2471.72	833.47	967.23
43	724.23	750.51	1963.23	902.40	878.39
44	846.83	919.55	2468.79	742.39	845.77
45	899.93	1062.54	2488.79	774.13	854.18
46	863.03	811.37	2650.51	724.79	839.87
47	871.66	889.07	2453.19	733.84	767.42
48	767.28	774.17	2098.22	856.30	939.45
49	770.60	924.00	2772.35	854.81	828.32
50	840.53	753.07	2860.71	757.76	841.87

51	870.628244	811.197558	2316.55926	752.995358	744.168573
52	779.555437	823.45854	2265.1248	902.024529	821.907552
53	792.484774	791.849233	2373.45501	879.454637	879.591657
54	866.331584	862.015042	2302.97429	740.674289	814.169612
55	983.367619	828.689271	2842.07871	833.331631	729.765373
56	845.376678	977.60378	2551.76401	809.797783	796.040792
57	781.067722	754.513191	2661.57336	947.456824	710.929459
58	742.996187	814.748068	2666.83635	749.098716	987.876004
59	804.498092	814.169129	2505.84235	807.271819	861.049084
60	771.06662	1022.36573	2859.88185	858.292957	779.590368
61	897.418311	964.134	2765.57683	870.743993	1146.69908
62	885.03878	867.283682	2590.83818	844.522156	709.758792
63	898.000066	736.296317	2553.06052	793.715518	958.447118
64	744.790686	907.467421	2259.81798	876.929105	928.29093
65	883.944801	788.750937	2586.33727	755.43545	688.271576
66	788.227624	814.998347	2750.4153	891.216869	849.266115
67	813.422361	949.085072	2778.36044	725.154734	935.425918
68	634.096188	786.293814	2463.94491	976.01631	944.730285
69	952.246793	811.720636	2358.91189	817.509245	870.238562
70	840.836489	776.042956	2055.62142	875.652853	964.228303
71	817.17054	617.086838	2692.88124	736.549068	811.019286
72	720.200478	844.451049	2586.4571	994.404061	712.816777
73	765.124169	819.971585	2182.1571	688.465523	800.649997
74	903.171278	855.042951	1852.30837	1117.20953	846.808552
75	927.174228	756.634381	2184.4333	778.199641	908.994614
76	789.951134	874.577039	2486.88727	681.103374	824.478789
77	690.257678	834.19395	2348.86086	783.480839	858.773958
78	795.917474	789.574349	2619.705	1008.58624	801.092768
79	590.627985	763.010826	2377.88007	1036.96944	889.083666
80	864.943409	917.509905	2492.07616	893.557856	862.734528
81	777.294007	847.670287	2697.41738	832.321494	946.674811
82	853.893344	826.315228	2321.08163	915.047743	754.429205
83	841.024835	987.180193	2788.53556	904.815564	871.634757
84	869.455691	759.908677	2286.53675	909.891916	816.611526
85	1017.72866	851.092479	2188.34703	873.852679	573.633758
86	822.699765	797.577982	2519.48523	670.218984	752.848438
87	672.693466	840.441263	2417.89356	685.178154	911.023112
88	718.381328	738.09488	2368.85639	723.030644	867.375205
89	879.868074	956.196093	2176.55615	984.589189	781.372413
90	963.423401	788.854498	2798.70563	818.107079	603.289811
91	809.804511	856.171226	2283.48495	744.985465	885.723353
92	859.546561	750.277562	2188.52399	985.46267	808.600289
93	729.11036	994.250243	2469.6227	838.528343	892.309612
94	802.193455	837.02585	2984.45685	873.441589	884.61432
95	854.536434	897.334081	2000.06251	798.577102	788.771318
96	1004.80424	787.341686	2397.48453	796.799698	863.405317
97	870.593025	715.091531	2384.18745	838.287493	985.265207
98	983.109564	815.85184	2259.82799	874.063308	878.268804
99	832.112916	867.21594	1669.54094	750.800079	844.26998
100	816.408469	962.256709	2490.03207	859.74921	867.786663

Hallamos la media, mediana y desviación estándar para los datos obtenidos en las 100 corridas de las 5 actividades que tomamos como muestra.

Análisis estadístico de la actividad 1

Actividad 1	
Media	833.84434
Error típico	9.25590635
Mediana	822.021627
Moda	#N/D
Desviación estándar	92.5590635
Varianza de la muestra	8567.18023
Curtosis	-0.04659917
Coeficiente de asimetría	0.11665438
Rango	474.140899
Mínimo	590.627985
Máximo	1064.76888
Suma	83384.434
Cuenta	100

Análisis estadístico de la actividad 2

Actividad 2	
Media	855.59291
Error típico	9.21108351
Mediana	846.060668
Moda	#N/D
Desviación estándar	92.1108351
Varianza de la muestra	8484.40594
Curtosis	0.92169494
Coeficiente de asimetría	0.57974567
Rango	566.958127
Mínimo	617.086838
Máximo	1184.04497
Suma	85559.291
Cuenta	100

Análisis estadístico de la actividad 3

Actividad 3	
Media	2509.01002
Error típico	27.6528791
Mediana	2489.41007
Moda	#N/D
Desviación estándar	276.528791
Varianza de la muestra	76468.1721
Curtosis	0.0875633
Coeficiente de asimetría	-0.22862759
Rango	1468.34735
Mínimo	1669.54094
Máximo	3137.88829
Suma	250901.002
Cuenta	100

Análisis estadístico de la actividad 4

Actividad 4	
Media	837.146672
Error típico	9.153702
Mediana	838.407918
Moda	#N/D
Desviación estándar	91.53702
Varianza de la muestra	8379.02602
Curtosis	0.1180662
Coeficiente de asimetría	0.16918745
Rango	482.876672
Mínimo	634.332856
Máximo	1117.20953
Suma	83714.6672
Cuenta	100

Análisis estadístico de la actividad 5

Actividad 5	
Media	847.132353
Error típico	9.14862578
Mediana	856.477145
Moda	#N/D
Desviación estándar	91.4862578
Varianza de la muestra	8369.73536
Curtosis	1.11419295
Coeficiente de asimetría	-0.34924029
Rango	573.065326
Mínimo	573.633758
Máximo	1146.69908
Suma	84713.2353
Cuenta	100

Con los valores obtenidos por cada actividad del análisis de la estadística descriptiva y con la función de probabilidad normal podemos obtener las probabilidades de cumplimiento por cada costo de actividad tal como se muestra a continuación.

Función de probabilidad normal

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-1}{2}\left(\frac{X-u}{\sigma}\right)^2}$$

Al ser el costo siempre positivo tomamos la cota inferior de la integral desde 0

$\int_0^{800} \frac{1}{92.559\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-1}{2}\left(\frac{x-833.844}{92.559}\right)^2} = 0.3573$

Sacar la constante $\int \boldsymbol{a.}\, \boldsymbol{f(x)dx} = \boldsymbol{a.} \int \boldsymbol{f(x)dx}$

$\frac{1}{92.559\sqrt{2\pi}} \int_0^{800} e^{\frac{-1}{2}\left(\frac{x-833.844}{92.559}\right)^2}$; donde $\frac{1}{92.559\sqrt{2\pi}} = 0.00431$

$$0.00431 \int_0^{800} e^{\frac{-1}{2}\left(\frac{X-833.844}{92.559}\right)^2}$$

Aplicar leyes de exponente:

$$\frac{\boldsymbol{a^n}}{\boldsymbol{b^n}} = \left(\frac{\boldsymbol{a}}{\boldsymbol{b}}\right)^{\boldsymbol{n}}$$

$$\frac{(X-833.844)^2}{92.55906^2} = \left(\frac{(X-833.844)}{92.55906}\right)^2$$

$$= 0.00431 \int_0^{800} e^{\frac{-1}{2}\left(\frac{X-833.844}{92.559}\right)^2} dx$$

Aplicar integración por sustitución: u = x – 833.84434

$$= 0.00431 \int_{-833.84434}^{-33.84434} e^{-\left(\frac{u^2}{17134.35917}\right)^2} du$$

Aplicar leyes de exponentes $\frac{\boldsymbol{a^n}}{\boldsymbol{b^n}} = \left(\frac{\boldsymbol{a}}{\boldsymbol{b}}\right)^{\boldsymbol{n}}$

$$\frac{u^2}{17134.35917} = (0.00763u)^2$$

$$0.00431 \int_{-833.84434}^{-33.84434} e^{-(0.00763u)^2}$$

Simplificar

$e^{-(0.00763\mathrm{u})^2} : e^{-0.00005\mathrm{u}^2}$

$$= 0.00431 \int_{-833.84434}^{-33.84434} e^{-0.00005u^2}\, du$$

$$= 0.00431 \int_{-833.84434}^{-33.84434} e^{-(\sqrt{0.00005}u)^2}$$

Aplicar integración por sustitución:

$$\boldsymbol{v = \sqrt{0.00005}u}$$

$$= 0.00431 \int_{-6.37017}^{-0.25855} e^{v^2} \frac{1}{0.00763}\, dv$$

Sacar la constante $\int \boldsymbol{a}.\boldsymbol{f}(\boldsymbol{x})\boldsymbol{dx} = \boldsymbol{a}.\int \boldsymbol{f}(\boldsymbol{x})\,\boldsymbol{dx}$

$$= 0.00431.\frac{1}{0.00763} \int_{-6.37017}^{-0.25855} e^{v^2}\, dv$$

Simplificar

$= 0.00431(130.89827) \int_{-833.84434}^{-33.84434} e^{-(v)^2} dv$

Esta es una integral no elemental

$$\int \boldsymbol{e^{-(V)^2} dv} = \frac{\sqrt{\boldsymbol{\pi}}}{\boldsymbol{2}} \mathbf{erf}\,(\boldsymbol{v})$$

$$= 0.00431 \ .\ 130.89827 \left[\frac{\sqrt{\pi}}{2} \mathrm{erf}\,(v)\right]_{-6.37017}^{-0.25855}$$

Simplificar

$$= 0.56418\,[0.88622\text{erf}\,(v)]\begin{matrix}-0.25855\\-6.37017\end{matrix}$$

Calcular los límites 0.63332

=0.56418(0.63332)

Simplificar

=0.35731

Cálculo de probabilidad para la Actividad 2

$$\int_0^{800} \frac{1}{92.111\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-1}{2}\left(\frac{X-855.593}{92.111}\right)^2} = 0.2731$$

Cálculo de probabilidad para la Actividad 3

$$\int_0^{2400} \frac{1}{276.529\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-1}{2}\left(\frac{X-2509.01}{276.529}\right)^2} = 0.3467$$

Cálculo de probabilidad para la Actividad 4

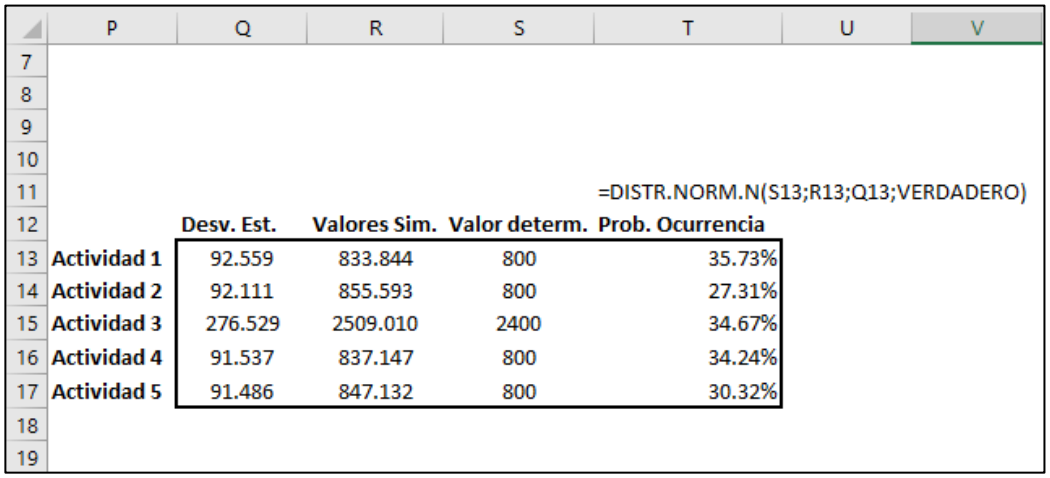
$$\int_0^{800} \frac{1}{91.537\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-1}{2}\left(\frac{X-837.147}{91.537}\right)^2} = 0.3424$$

Cálculo de probabilidad para la Actividad 5

$$\int_0^{800} \frac{1}{91.486\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-1}{2}\left(\frac{X-847.132}{91.486}\right)^2} = 0.3032$$

Utilizando una hoja de cálculo podemos obtener los valores de la probabilidad de forma instantánea tal como se muestra en la tabla 7.

TABLA 7



	P	Q	R	S	T	U	V
7							
8							
9							
10							
11					=DISTR.NORM.N(S13;R13;Q13;VERDADERO)		
12		**Desv. Est.**	**Valores Sim.**	**Valor determ.**	**Prob. Ocurrencia**		
13	**Actividad 1**	92.559	833.844	800	35.73%		
14	**Actividad 2**	92.111	855.593	800	27.31%		
15	**Actividad 3**	276.529	2509.010	2400	34.67%		
16	**Actividad 4**	91.537	837.147	800	34.24%		
17	**Actividad 5**	91.486	847.132	800	30.32%		
18							
19							

La fórmula DISTR.NORM. N(x,media,desv_estándar,acum) nos da el valor de la integral desde el infinito negativo a x de la función de densidad de distribución normal.

Se visualiza que para las 5 actividades donde tenemos la desviación estándar en la columna Q, costo esperado de la simulación en la columna R, Costo determinístico en la columna S y en la columna T tenemos la probabilidad de ocurrencia del costo determinístico (columna S). Podemos visualizar que el costo determinístico no supera el 36% de probabilidad de ocurrencia. Lo mismo se realizará de manera automática en el Excel, pero con el complemento @Risk de todo el EDT del proyecto en estudio.

En el siguiente grafico se muestra un presupuesto de 117600 cuando se realiza de manera determinista, valor que lo compararemos con los resultados obtenido en la simulación Monte Carlo.

TABLA 8

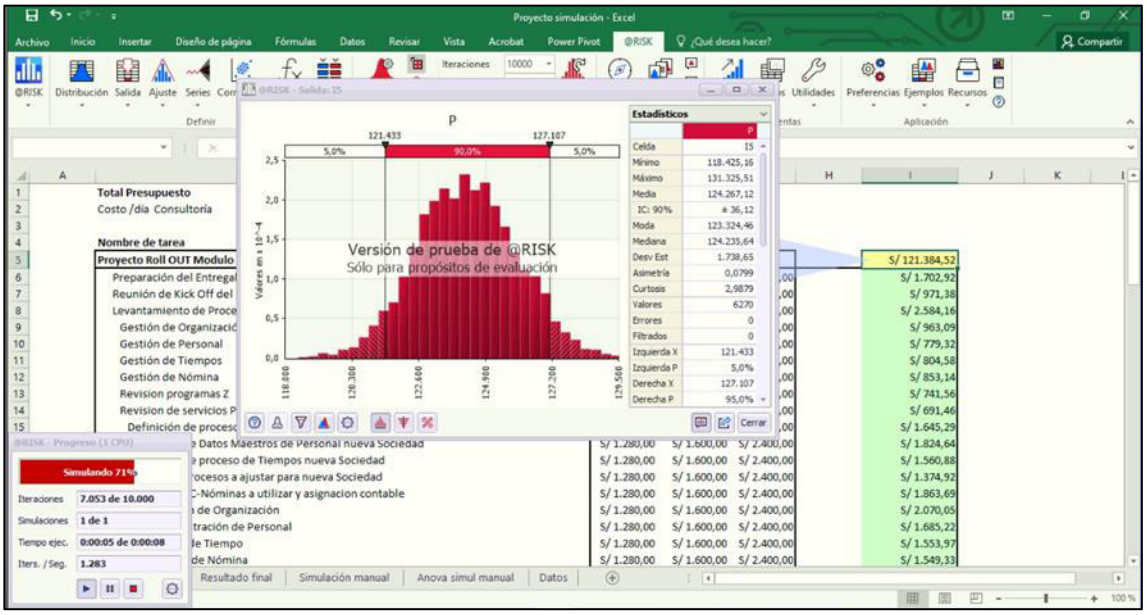
Total Presupuesto **S/ 117,600.00**

Nombre de tarea			
Proyecto Roll OUT Modulo SAP HCM	**O**	**M**	**P**
Preparación del Entregables de Fase	S/ 640.00	S/ 800.00	S/ 1,200.00
Reunión de Kick Off del Proyecto	S/ 640.00	S/ 800.00	S/ 1,200.00
Levantamiento de Procesos Actuales	S/ 1,920.00	S/ 2,400.00	S/ 3,600.00
Gestión de Organización	S/ 640.00	S/ 800.00	S/ 1,200.00
Gestión de Personal	S/ 640.00	S/ 800.00	S/ 1,200.00
Gestión de Tiempos	S/ 640.00	S/ 800.00	S/ 1,200.00
Gestión de Nómina	S/ 640.00	S/ 800.00	S/ 1,200.00
Revision programas Z	S/ 640.00	S/ 800.00	S/ 1,200.00
Revision de servicios PORTAL	S/ 640.00	S/ 800.00	S/ 1,200.00
Definición de procesos Módulo OM	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Definición de Datos Maestros de Personal nueva Sociedad	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Definición de proceso de Tiempos nueva Sociedad	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Detalle de procesos a ajustar para nueva Sociedad	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Detalle de CC-Nóminas a utilizar y asignacion contable	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
OM - Gestión de Organización	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
PA - Administración de Personal	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
TM - Gestin de Tiempo	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
PY - Gestión de Nómina	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Detalle de USER-EXITS con validaciones por sociedad	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Detalle de programas Z con validaciones por sociedad	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Inventario de GAP's	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Resolución de GAP's	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Inventarios de Servicios	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Detalle de programas Z en el R/3	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Especificaciones Técnicas desarrollos Z	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Especificaciones Técnicas USER-EXITS	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Definición de Objetos y Rangos de Números	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Ajuste de Vinculaciones e Infotipos OM	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Estructura de Empresa (Sociedad, división, subdivision de personal y clave organizativa)	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Estructura de Trabajador (Grupos y áreas de personal)	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Propuesta y Rangos de Números de personal	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Medidas de Personal	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Medidas Dinámicas	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Coordinacion con el equipo de autorizacion para creacion de perfiles estructurales	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Configuración de horarios de trabajo teóricos	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Entrada de Datos de Tiempos (Carga de marcaciones)	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Proceso de Evaluación de Tiempos	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Ajustes de Horas Extras pagadas y compensadas	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Organización de la Nómina en funcion a agrupadores nueva sociedad	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Ajuste de reglas y esquema de nómina regular	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Ajustes de reglas y esquemas para Nóminas Especiales	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Evaluación para la Contabilización de Finanzas	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Ajustes interfaces bancarias	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Ajustes T-Registro	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Ajustes PLAME	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Ajustes AFP.Net	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Boleta de Pago	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Ajustes de Reportes Z y USER-EXITS definidos en BBP	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Adaptacion Servicios PORTAL	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Ajustes programas Servicios PORTAL	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Casos de Test para pruebas unitarias	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Pruebas Unitarias	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Pruebas de Carga Inicial	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Desarrollo del Plan de Corte	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Casos de Test para Pruebas Integrales	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Transportes a QAS	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Pruebas de Carga Inicial en QA	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Carga de datos Maestro OM y PA	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Carga de Históricos de Nómina	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Validación de Datos Cargados	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Organización y Datos Maestros	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Evalacion de Tiempos	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Nómina Regular	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Nóminas especiales	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Contabilización de Nómina	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Reportes - Interfaces - USER-EXIT	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Servicios PORTAL	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Ajustes, Correcciones, Re-Prueba	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Presentación, Revisión y Aprobación del Plan de Corte	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Transporte de Configuración	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Revisión de Transportes	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Carga de datos Maestro OM y PA	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Coordinacion con el equipo de autorizacion para creacion de perfiles estructurales	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Carga de Históricos de Nómina	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Validación de Datos Cargados	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Soporte	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00
Presentación Final del Proyecto / Reunión de Cierre	S/ 1,280.00	S/ 1,600.00	S/ 2,400.00

3.5. Resultados de la Actividad

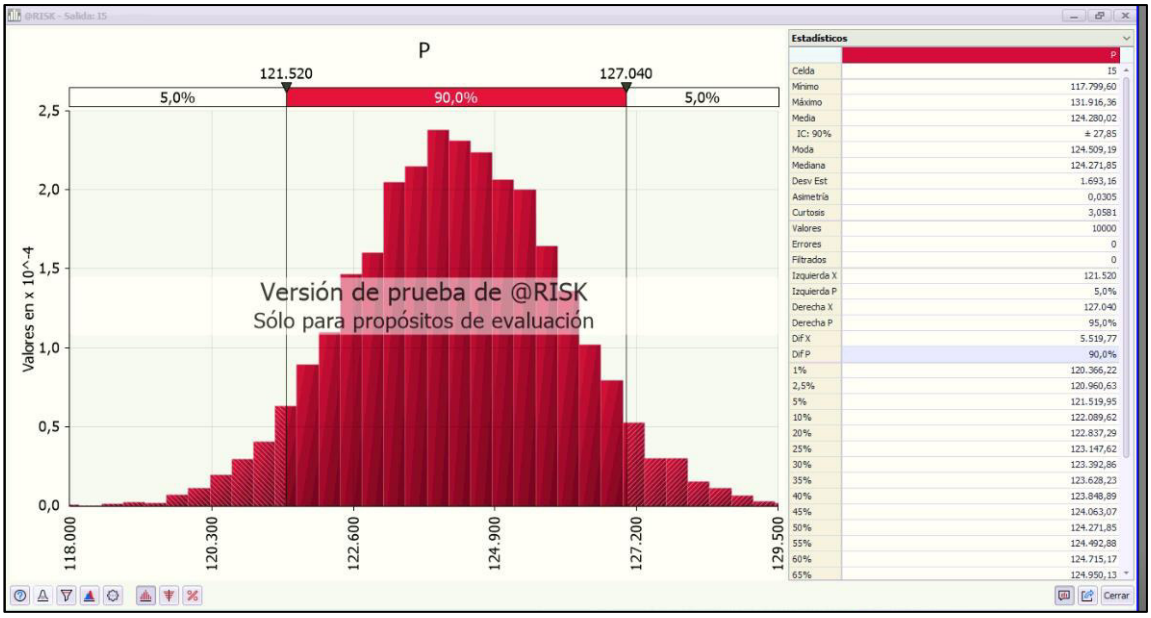
Corriendo la simulación con todas las actividades del EDT en el @Risk con 10000 iteraciones de acuerdo a las buenas prácticas indicadas en el PMBOK.

IMAGEN 1



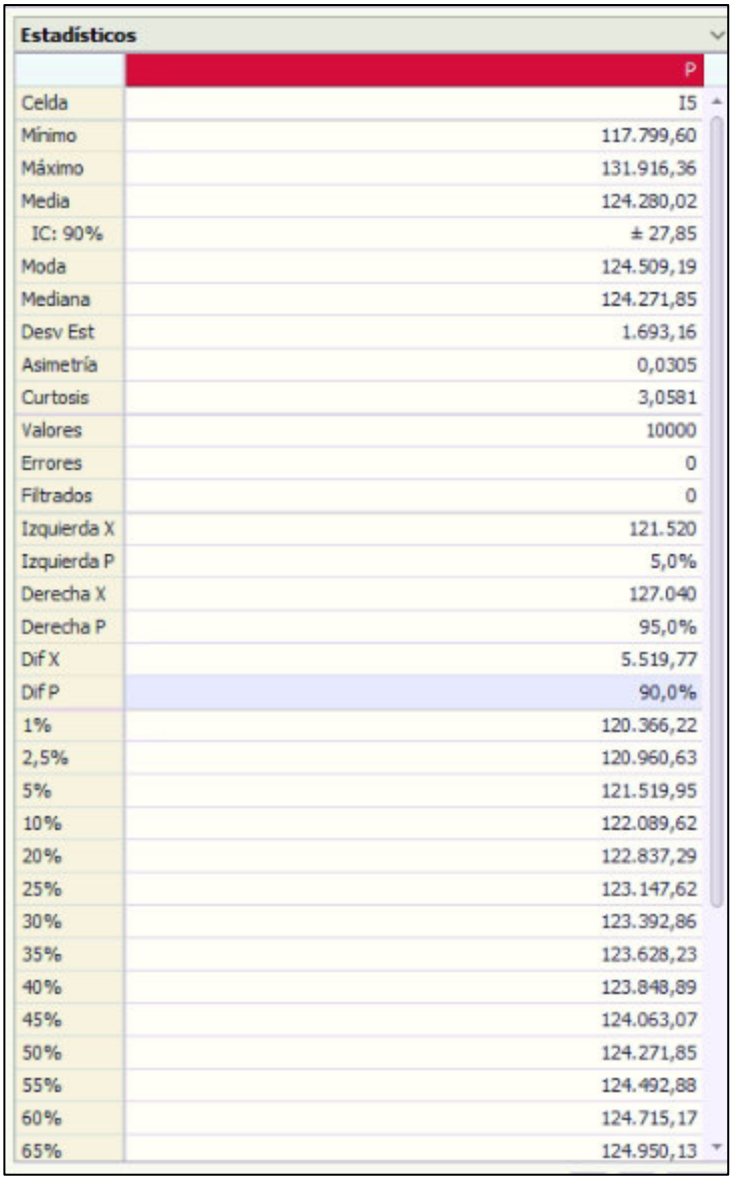
Reporte de la corrida de las 10000 iteraciones en el @Risk

IMAGEN 2



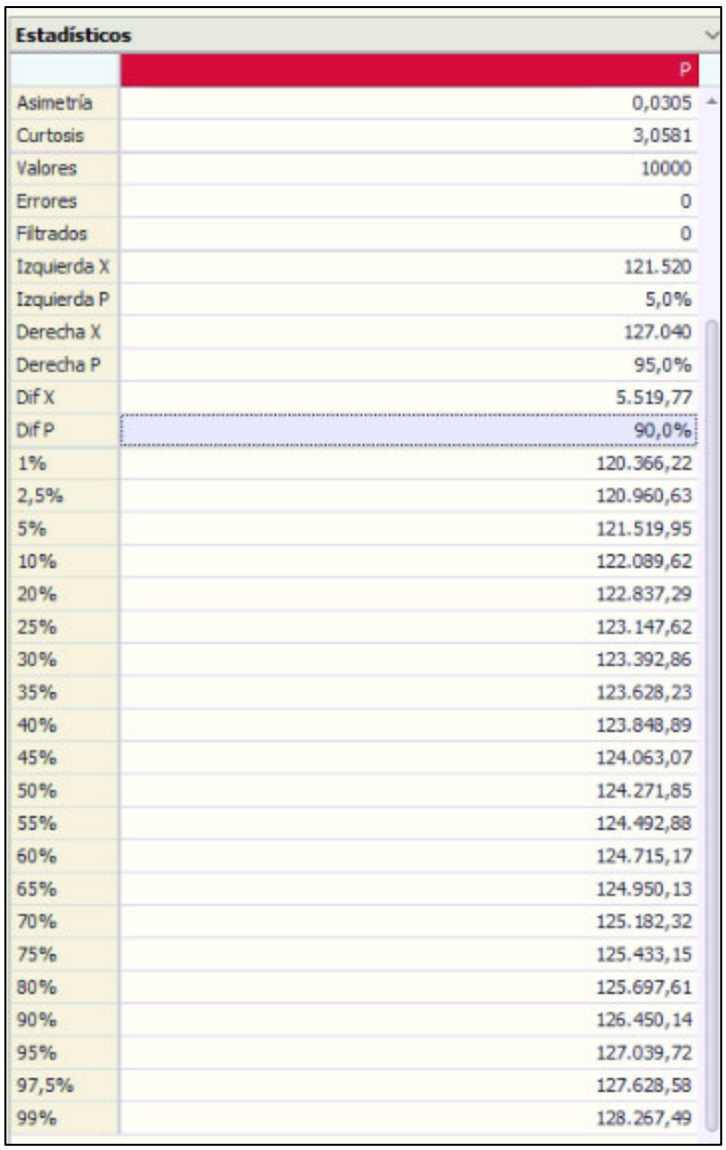
A continuación, mostramos los valores estadísticos que nos brinda el @Risk después de realizar una corrida de 10000 iteraciones.

IMAGEN 3: valores estadísticos.



Estadísticos

	P
Celda	I5
Mínimo	117.799,60
Máximo	131.916,36
Media	124.280,02
IC: 90%	± 27,85
Moda	124.509,19
Mediana	124.271,85
Desv Est	1.693,16
Asimetría	0,0305
Curtosis	3,0581
Valores	10000
Errores	0
Filtrados	0
Izquierda X	121.520
Izquierda P	5,0%
Derecha X	127.040
Derecha P	95,0%
Dif X	5.519,77
Dif P	90,0%
1%	120.366,22
2,5%	120.960,63
5%	121.519,95
10%	122.089,62
20%	122.837,29
25%	123.147,62
30%	123.392,86
35%	123.628,23
40%	123.848,89
45%	124.063,07
50%	124.271,85
55%	124.492,88
60%	124.715,17
65%	124.950,13



Estadísticos	
	P
Asimetría	0,0305
Curtosis	3,0581
Valores	10000
Errores	0
Filtrados	0
Izquierda X	121.520
Izquierda P	5,0%
Derecha X	127.040
Derecha P	95,0%
Dif X	5.519,77
Dif P	90,0%
1%	120.366,22
2,5%	120.960,63
5%	121.519,95
10%	122.089,62
20%	122.837,29
25%	123.147,62
30%	123.392,86
35%	123.628,23
40%	123.848,89
45%	124.063,07
50%	124.271,85
55%	124.492,88
60%	124.715,17
65%	124.950,13
70%	125.182,32
75%	125.433,15
80%	125.697,61
90%	126.450,14
95%	127.039,72
97,5%	127.628,58
99%	128.267,49

En la IMAGEN 3 tenemos presupuestos con una probabilidad de cumplimiento que van del 1% al 99%.

CAPÍTULO IV – CONCLUSIONES

- Se detallaron los costos estimados por actividad y se logró ejecutar en el software @Risk en la simulación Monte Carlo.
- Con el @Risk se obtuvo un presupuesto con 70% de ocurrencia, cumpliendo con el objetivo establecido en el trabajo de investigación; con el presupuesto obtenido se calculó el 25% para las reservas de contingencias.
- Al ejecutar el software @Risk se detalla una tabla estadística en la IMAGEN 3 con diversos presupuestos asociados a su respectiva probabilidad, mostrando probabilidades de cumplimiento de hasta 99% superando el 70% establecido como objetivo en el caso de estudio.
- Se concluye que se debe establecer el costeo por simulación Monte Carlo como procedimiento ya que se tiene una mayor certeza de cumplimiento para la elaboración de presupuestos.

CAPÍTULO VI – BIBLIOGRAFÍA

Banks, J. (2010) Discrete Event System Simulation (5ta ed.) Pearson.

Beaver B., Beaver R. y Mendenhall W (2010) Introducción a la probabilidad y estadística (13va ed.) Cengage Learning Editores.

Shannon, R. (1975) Systems Simulation The Art and Science (8va ed.) Prentice-Hall.

Palisade. (2020). Simulación Monte Carlo. Obtenido de https://www.palisade-lta.com/risk/simulacion_monte_carlo.asp

Project Management Institute. (2017). Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos.

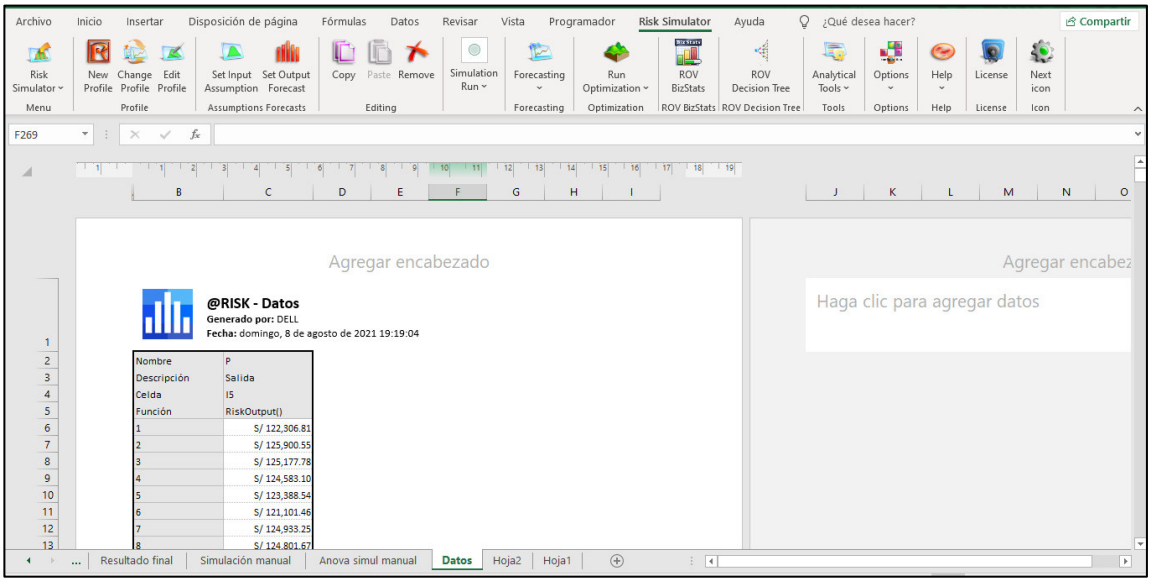
Winston, W. (2005). Investigación de Operaciones Aplicaciones y Algoritmos (4ta ed.) Thomson.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda usar la simulación Monte Carlo para costear proyectos sobre las líneas bases y obtener un presupuesto más fiable.
- Se recomienda que se incluir el uso de la Simulación de Monte Carlo dentro del procedimiento de elaboración del presupuesto anual del área de proyectos.

APÉNDICE

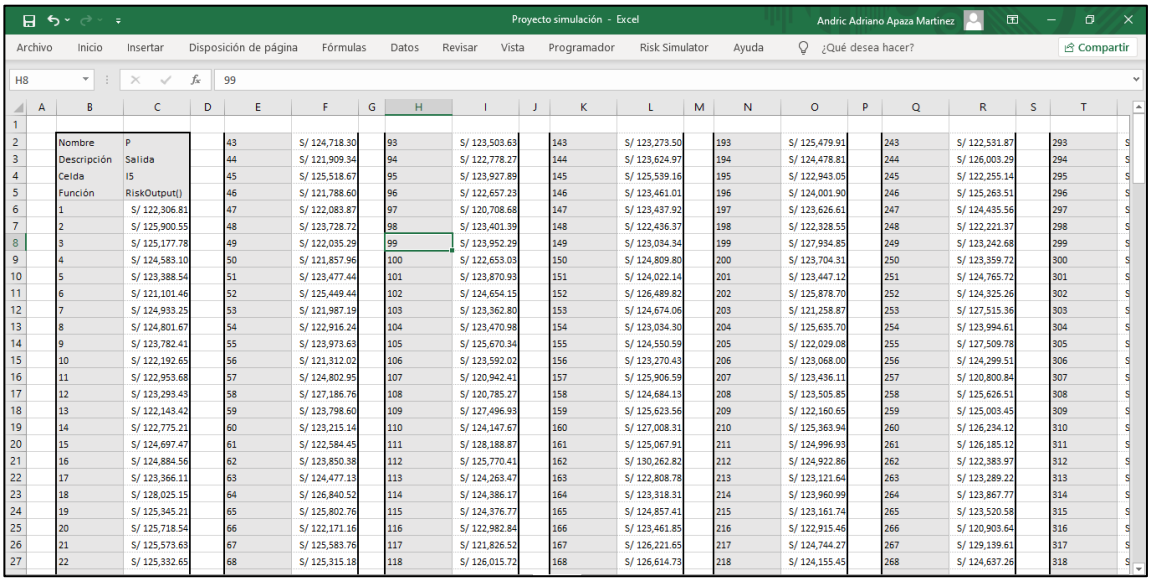
Apéndice A:



@RISK - Datos
Generado por: DELL
Fecha: domingo, 8 de agosto de 2021 19:19:04

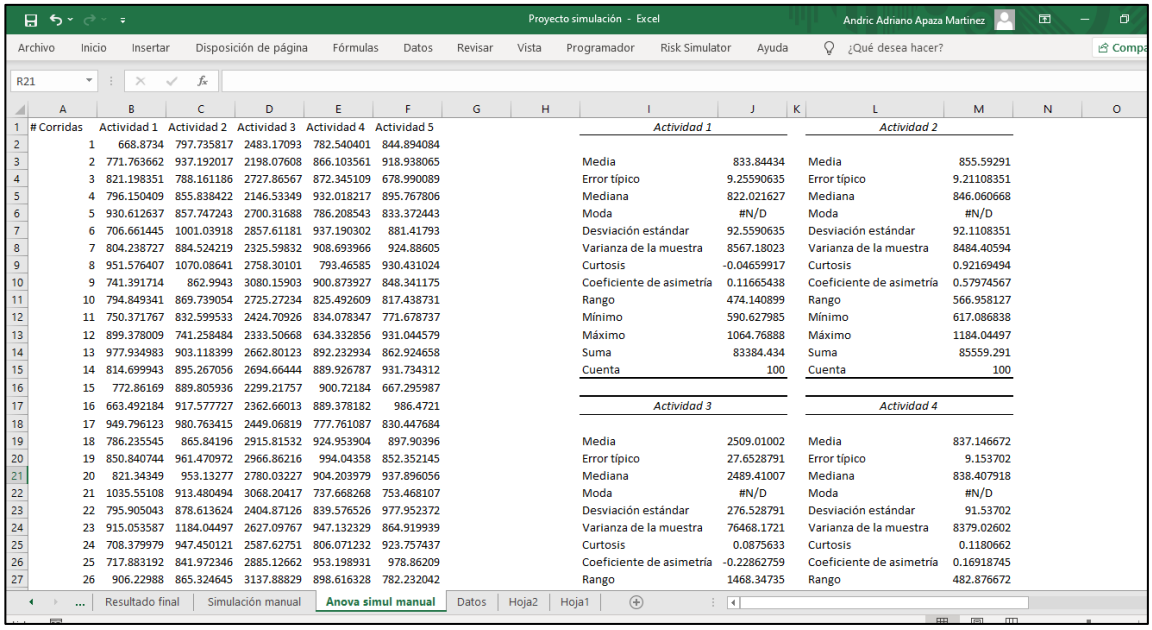
Nombre	P
Descripción	Salida
Celda	I5
Función	RiskOutput()
1	S/ 122,306.81
2	S/ 125,900.55
3	S/ 125,177.78
4	S/ 124,583.10
5	S/ 123,388.54
6	S/ 121,101.46
7	S/ 124,933.25
8	S/ 124,801.67

Apéndice B:



Nombre	P	43	S/ 124,718.30	93	S/ 123,503.63	143	S/ 123,273.50	193	S/ 125,479.91	243	S/ 122,531.87	293	S
Descripción	Salida	44	S/ 121,909.34	94	S/ 122,778.27	144	S/ 123,624.97	194	S/ 124,478.81	244	S/ 126,003.29	294	S
Celda	I5	45	S/ 125,518.67	95	S/ 123,927.89	145	S/ 125,539.16	195	S/ 122,943.05	245	S/ 122,255.14	295	S
Función	RiskOutput()	46	S/ 121,788.60	96	S/ 122,657.23	146	S/ 123,461.01	196	S/ 124,001.90	246	S/ 125,263.51	296	S
1	S/ 122,306.81	47	S/ 122,083.87	97	S/ 120,708.68	147	S/ 123,437.92	197	S/ 123,626.61	247	S/ 124,435.56	297	S
2	S/ 125,900.55	48	S/ 123,728.72	98	S/ 123,401.39	148	S/ 122,436.37	198	S/ 122,328.55	248	S/ 122,221.37	298	S
3	S/ 125,177.78	49	S/ 122,035.29	99	S/ 123,952.29	149	S/ 123,034.34	199	S/ 127,934.85	249	S/ 123,242.68	299	S
4	S/ 124,583.10	50	S/ 121,857.96	100	S/ 122,653.03	150	S/ 124,809.80	200	S/ 123,704.31	250	S/ 123,359.72	300	S
5	S/ 123,388.54	51	S/ 123,477.44	101	S/ 123,870.93	151	S/ 124,022.14	201	S/ 123,447.12	251	S/ 124,765.72	301	S
6	S/ 121,101.46	52	S/ 125,449.44	102	S/ 124,654.15	152	S/ 126,489.82	202	S/ 125,878.70	252	S/ 124,325.26	302	S
7	S/ 124,933.25	53	S/ 121,987.19	103	S/ 123,362.80	153	S/ 124,674.06	203	S/ 121,258.87	253	S/ 127,515.36	303	S
8	S/ 124,801.67	54	S/ 122,916.24	104	S/ 123,470.98	154	S/ 123,034.30	204	S/ 125,635.70	254	S/ 123,994.61	304	S
9	S/ 123,782.41	55	S/ 123,973.63	105	S/ 125,670.34	155	S/ 124,550.59	205	S/ 122,029.08	255	S/ 127,509.78	305	S
10	S/ 122,192.65	56	S/ 121,312.02	106	S/ 123,592.02	156	S/ 123,270.43	206	S/ 123,068.00	256	S/ 124,299.51	306	S
11	S/ 122,953.68	57	S/ 124,802.95	107	S/ 120,942.41	157	S/ 125,906.59	207	S/ 123,436.11	257	S/ 120,800.84	307	S
12	S/ 123,293.43	58	S/ 127,186.76	108	S/ 120,785.27	158	S/ 124,684.13	208	S/ 123,505.85	258	S/ 125,626.51	308	S
13	S/ 122,143.42	59	S/ 123,798.60	109	S/ 127,496.93	159	S/ 125,623.56	209	S/ 122,160.65	259	S/ 125,003.45	309	S
14	S/ 122,775.21	60	S/ 123,215.14	110	S/ 124,147.67	160	S/ 127,008.31	210	S/ 125,363.94	260	S/ 126,234.12	310	S
15	S/ 124,697.47	61	S/ 122,584.45	111	S/ 128,188.87	161	S/ 125,067.91	211	S/ 124,996.93	261	S/ 126,185.12	311	S
16	S/ 124,884.56	62	S/ 123,850.38	112	S/ 125,770.41	162	S/ 130,262.82	212	S/ 124,922.86	262	S/ 122,383.97	312	S
17	S/ 123,366.11	63	S/ 124,477.13	113	S/ 124,263.47	163	S/ 122,808.78	213	S/ 123,121.64	263	S/ 123,289.22	313	S
18	S/ 128,025.15	64	S/ 126,840.52	114	S/ 124,386.17	164	S/ 123,318.31	214	S/ 123,960.99	264	S/ 123,867.77	314	S
19	S/ 125,345.21	65	S/ 125,802.76	115	S/ 124,376.77	165	S/ 124,857.41	215	S/ 123,161.74	265	S/ 123,520.58	315	S
20	S/ 125,718.54	66	S/ 122,171.16	116	S/ 122,982.84	166	S/ 123,461.85	216	S/ 122,915.46	266	S/ 120,903.64	316	S
21	S/ 125,573.63	67	S/ 125,583.76	117	S/ 121,826.52	167	S/ 126,221.65	217	S/ 124,744.27	267	S/ 129,139.61	317	S
22	S/ 125,332.65	68	S/ 125,315.18	118	S/ 126,015.72	168	S/ 126,614.73	218	S/ 124,155.45	268	S/ 124,637.26	318	S

Apéndice C



Proyecto simulación - Excel — Andric Adriano Apaza Martinez

Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Risk Simulator Ayuda ¿Qué desea hacer?

R21

# Corridas	Actividad 1	Actividad 2	Actividad 3	Actividad 4	Actividad 5
1	668.8734	797.735817	2483.17093	782.540401	844.894084
2	771.763662	937.192017	2198.07608	866.103561	918.938065
3	821.198351	788.161186	2727.86567	872.345109	678.990089
4	796.150409	855.838422	2146.53349	932.018217	895.767806
5	930.612637	857.747243	2700.31688	786.208543	833.372443
6	706.661445	1001.03918	2857.61181	937.190302	881.41793
7	804.238727	884.524219	2325.59832	908.693966	924.88605
8	951.576407	1070.08641	2758.30101	793.46585	930.431024
9	741.391714	862.9943	3080.15903	900.873927	848.341175
10	794.849341	869.739054	2725.27234	825.492609	817.438731
11	750.371767	832.599533	2424.70926	834.078347	771.678737
12	899.378009	741.258484	2333.50668	634.332856	931.044579
13	977.934983	903.118399	2662.80123	892.232934	862.924658
14	814.699943	895.267056	2694.66444	889.926787	931.734312
15	772.86169	889.805936	2299.21757	900.72184	667.295987
16	663.492184	917.577727	2362.66013	889.378182	986.4721
17	949.796123	980.763415	2449.06819	777.761087	830.447684
18	786.235545	865.84196	2915.81532	924.953904	897.90396
19	850.840744	961.470972	2966.86216	994.04358	852.352145
20	821.34349	953.13277	2780.03227	904.203979	937.896056
21	1035.55108	913.480494	3068.20417	737.668268	753.468107
22	795.905043	878.613624	2404.87126	839.576526	977.952372
23	915.053587	1184.04497	2627.09767	947.132329	864.919939
24	708.379979	947.450121	2587.62751	806.071232	923.757437
25	717.883192	841.972346	2885.12662	953.198931	978.86209
26	906.22988	865.324645	3137.88829	898.616328	782.232042

Actividad 1

Media	833.84434
Error típico	9.25590635
Mediana	822.021627
Moda	#N/D
Desviación estándar	92.5590635
Varianza de la muestra	8567.18023
Curtosis	-0.04659917
Coeficiente de asimetría	0.11665438
Rango	474.140899
Mínimo	590.627985
Máximo	1064.76888
Suma	83384.434
Cuenta	100

Actividad 2

Media	855.59291
Error típico	9.21108351
Mediana	846.060668
Moda	#N/D
Desviación estándar	92.1108351
Varianza de la muestra	8484.40594
Curtosis	0.92169494
Coeficiente de asimetría	0.57974567
Rango	566.958127
Mínimo	617.086838
Máximo	1184.04497
Suma	85559.291
Cuenta	100

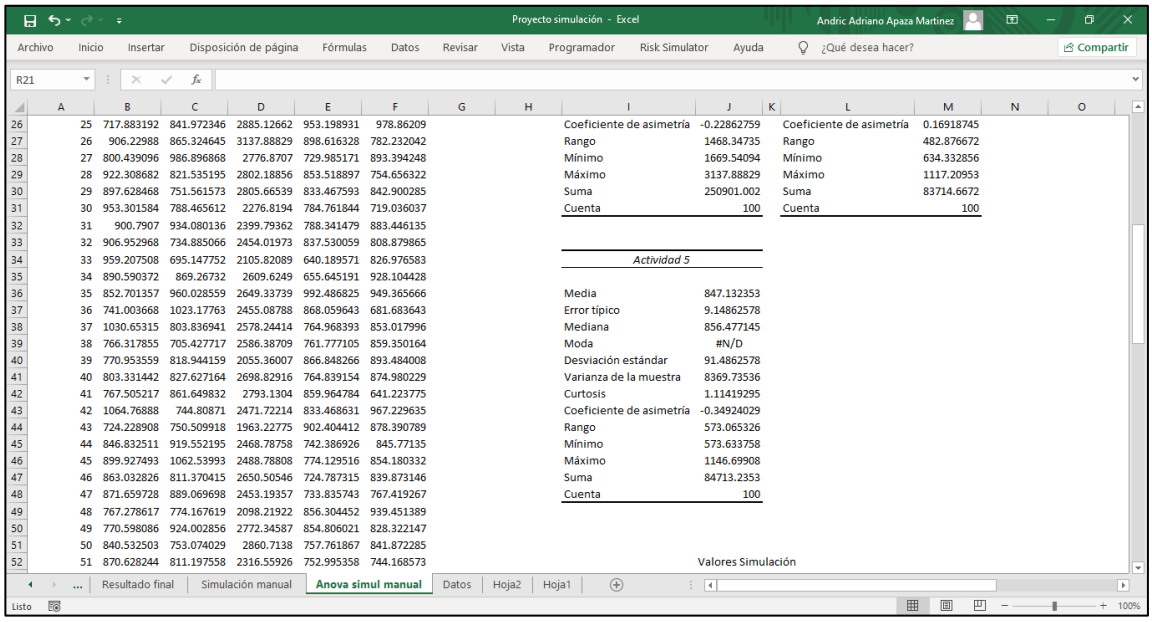
Actividad 3

Media	2509.01002
Error típico	27.6528791
Mediana	2489.41007
Moda	#N/D
Desviación estándar	276.528791
Varianza de la muestra	76468.1721
Curtosis	0.0875633
Coeficiente de asimetría	-0.22862759
Rango	1468.34735

Actividad 4

Media	837.146672
Error típico	9.153702
Mediana	838.407918
Moda	#N/D
Desviación estándar	91.53702
Varianza de la muestra	8379.02602
Curtosis	0.1180662
Coeficiente de asimetría	0.16918745
Rango	482.876672

Resultado final | Simulación manual | Anova simul manual | Datos | Hoja2 | Hoja1



Proyecto simulación - Excel — Andric Adriano Apaza Martinez

Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Risk Simulator Ayuda ¿Qué desea hacer? Compartir

R21

25	717.883192	841.972346	2885.12662	953.198931	978.86209	
26	906.22988	865.324645	3137.88829	898.616328	782.232042	
27	800.439096	986.896868	2776.8707	729.985171	893.394248	
28	922.308682	821.535195	2802.18856	853.518897	754.656322	
29	897.628468	751.561573	2805.66539	833.467593	842.900285	
30	953.301584	788.465612	2276.8194	784.761844	719.036037	
31	900.7907	934.080136	2399.79362	788.341479	883.446135	
32	906.952968	734.885066	2454.01973	837.530059	808.879865	
33	959.207508	695.147752	2105.82089	640.189571	826.976583	
34	890.590372	869.26732	2609.6249	655.645191	928.104428	
35	852.701357	960.028559	2649.33739	992.486825	949.365666	
36	741.003668	1023.17763	2455.08788	868.059643	681.683643	
37	1030.65315	803.836941	2578.24414	764.968393	853.017996	
38	766.317855	705.427717	2586.38709	761.777105	859.350164	
39	770.953559	818.944159	2055.36007	866.848266	893.484008	
40	803.331442	827.627164	2698.82916	764.839154	874.980229	
41	767.505217	861.649832	2793.1304	859.964784	641.223775	
42	1064.76888	744.80871	2471.72214	833.468631	967.229635	
43	724.228908	750.509918	1963.22775	902.404412	878.390789	
44	846.832511	919.552195	2468.78758	742.386926	845.77135	
45	899.927493	1062.53993	2488.78808	774.129516	854.180332	
46	863.032826	811.370415	2650.50546	724.787315	839.873146	
47	871.659728	889.069698	2453.19357	733.835743	767.419267	
48	767.278617	774.167619	2098.21922	856.304452	939.451389	
49	770.598086	924.002856	2772.34587	854.806021	828.322147	
50	840.532503	753.074029	2860.7138	757.761867	841.872285	
51	870.628244	811.197558	2316.55926	752.995358	744.168573	

Actividad 1

Coeficiente de asimetría	-0.22862759
Rango	1468.34735
Mínimo	1669.54094
Máximo	3137.88829
Suma	250901.002
Cuenta	100

Actividad 2

Coeficiente de asimetría	0.16918745
Rango	482.876672
Mínimo	634.332856
Máximo	1117.20953
Suma	83714.6672
Cuenta	100

Actividad 5

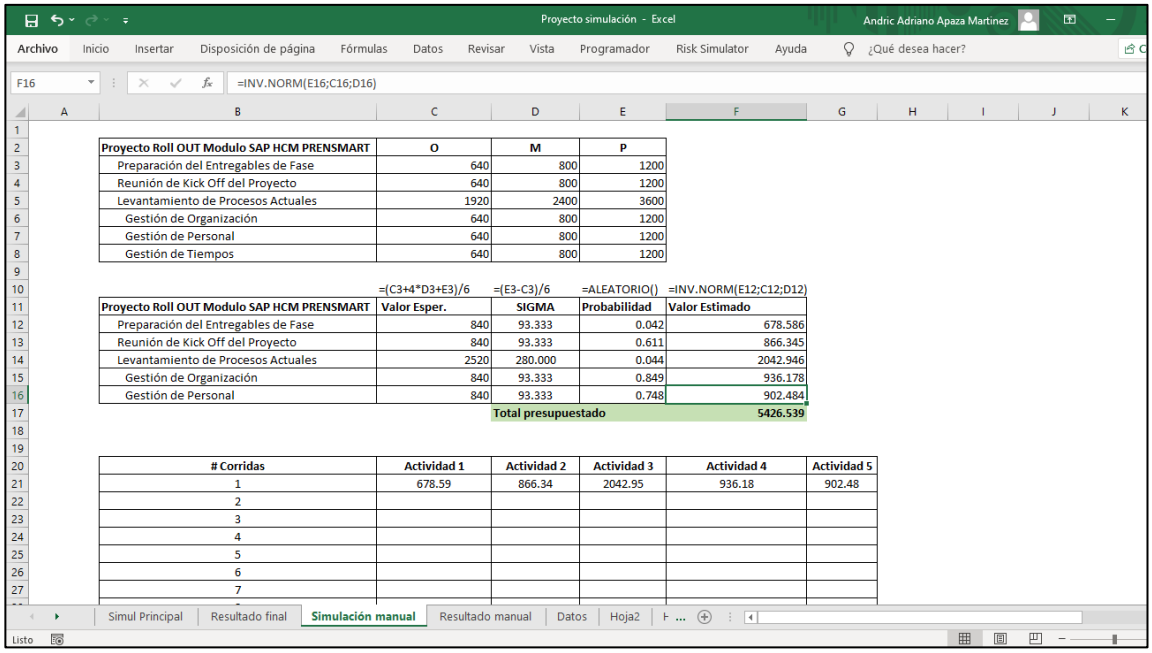
Media	847.132353
Error típico	9.14862578
Mediana	856.477145
Moda	#N/D
Desviación estándar	91.4862578
Varianza de la muestra	8369.73536
Curtosis	1.11419295
Coeficiente de asimetría	-0.34924029
Rango	573.065326
Mínimo	573.633758
Máximo	1146.69908
Suma	84713.2353
Cuenta	100

Valores Simulación

Resultado final | Simulación manual | Anova simul manual | Datos | Hoja2 | Hoja1

Listo 100%

Apéndice D



Proyecto Roll OUT Modulo SAP HCM PRENSMART	O	M	P
Preparación del Entregables de Fase	640	800	1200
Reunión de Kick Off del Proyecto	640	800	1200
Levantamiento de Procesos Actuales	1920	2400	3600
Gestión de Organización	640	800	1200
Gestión de Personal	640	800	1200
Gestión de Tiempos	640	800	1200

	=(C3+4*D3+E3)/6	=(E3-C3)/6	=ALEATORIO()	=INV.NORM(E12;C12;D12)
Proyecto Roll OUT Modulo SAP HCM PRENSMART	**Valor Esper.**	**SIGMA**	**Probabilidad**	**Valor Estimado**
Preparación del Entregables de Fase	840	93.333	0.042	678.586
Reunión de Kick Off del Proyecto	840	93.333	0.611	866.345
Levantamiento de Procesos Actuales	2520	280.000	0.044	2042.946
Gestión de Organización	840	93.333	0.849	936.178
Gestión de Personal	840	93.333	0.748	902.484
		Total presupuestado		**5426.539**

# Corridas	Actividad 1	Actividad 2	Actividad 3	Actividad 4	Actividad 5
1	678.59	866.34	2042.95	936.18	902.48
2					
3					
4					
5					
6					
7					