

 Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña - Colombia Vigencia: Reconstrucción	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	F-AC-DBL-007	10-04-2012	A
Dependencia	Aprobado		Pág.	
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	SUBDIRECTOR ACADEMICO		i(123)	

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	JHAN CARLOS MARTINEZ PRADO		
FACULTAD	INGENIERIA		
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERIA CIVIL		
DIRECTOR	PEDRO NEL ANGARITA USCATEGUI		
TITULO DE LA TESIS	ANALISIS DE PROBABILIDAD DEL CUMPLIMIENTO DE LOS COSTOS EN LA FASE DE PLANEACION Y EJECUCION DE LA OBRA: "CONSTRUCCION DE LA COCINA COMEDOR Y SUS OBRAS COMPLEMENTARIAS PARA LA CASA DEL ADULTO MAYOR" UBICADO EN EL CORREGIMIENTO "LA SIERRA" JURISDICCION DEL MUNICIPIO DE CHIRIGUANA CESAR.		
RESUMEN			
(70 palabras aproximadamente)			
<p>EL SIGUIENTE PROYECTO TIENE COMO OBJETIVO ANALIZAR LA PROBABILIDAD DEL CUMPLIMIENTO DE LOS COSTOS EN LA FASE DE PLANEACION Y EJECUCION DE LA OBRA: "CONSTRUCCION DE LA COCINA COMEDOR Y SUS OBRAS COMPLEMENTARIAS PARA LA CASA DEL ADULTO MAYOR" UBICADO EN EL CORREGIMIENTO "LA SIERRA" JURISDICCION DEL MUNICIPIO DE CHIRIGUANA CESAR, EN DONDE SE PLANTEA POR MEDIO DE ANALISIS ESTADISTICO LOS RIEGOS E INCERTIDUMBRES A TENER EN CONSIDERACION A LA HORA DE LA PLANIFICACION Y EJECUCION DE UN PROYECTO.</p>			
CARACTERÍSTICAS			
PÁGINAS: 145	PLANOS:	ILUSTRACIONES:	CD-ROM:



ANÁLISIS DE PROBABILIDAD DEL CUMPLIMIENTO DE LOS COSTOS EN LA
FASE DE PLANEACIÓN Y EJECUCIÓN DE LA OBRA: "CONSTRUCCIÓN DE LA
COCINA COMEDOR Y SUS OBRAS COMPLEMENTARIAS PARA LA CASA DEL
ADULTO MAYOR" UBICADO EN EL CORREGIMIENTO "LA SIERRA"
JURISDICCIÓN DEL MUNICIPIO DE CHIRIGUANÁ CESAR

AUTOR

JHAN CARLOS MARTÍNEZ PRADO

Trabajo de Grado para Optar el Título de Ingeniero Civil

DIRECTOR

Mag. PEDRO N. ANGARITA USCATEGUI

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

Ocaña, Colombia

Dic 2020

DEDICATORIA

Este logro se lo debo primero que todo a Dios, por darme sabiduría, fuerzas y fe para poder cumplir mis objetivos de vida iluminando mi caminando, a mi madre Elizabeth Prado Barbosa por darme ese amor incondicional con el que me ha ayudado a ser el gran ser humano, profesional y amigo, gracias a ella por darme esperanzas en momentos más difíciles y ser ese apoyo que jamás me abandonó en todas las etapas de mi vida y lo que soy se la debo a ella, a mi padre Guillermo García Serrano por ayudarme a tener esta oportunidad de poder ser un profesional, la mejor herencia que me puede dejar, y gracias a sus esfuerzos pude completar con gran satisfacción este gran logro.

A mi compañera de vida Wendy Vanessa Otalvaro valencia por ser un pilar muy importante durante los momentos más críticos de mi vida, no dejarme desfallecer demostrarme su amor incondicional siempre, y por darme tantas alegrías que hacían mejor mi paso universitario, a mi hijo Gerónimo Martínez Otalvaro por llegar a complementar mi vida, demostrarme el verdadero amor y ser un motivo más para terminar con éxito mis estudios profesionales.

A mis amigos WHALFSDJ^4 y demás que aportaron de una u otra forma a mi trayectoria y enseñanzas en la vida personal y universitaria.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primero a Dios por bendecirme en el camino de mi vida demostrando su maravillosa misericordia.

Gracias a mis padres: Elizabeth Prado Barbosa y Guillermo Rafael García Serrano a mi esposa Wendy Vanessa Otalvaro Valencia y a mi hijo Gerónimo Martínez Otalvaro por hacer parte todos del motor principal de mis motivaciones.

A mi director de trabajo de grado el Ing. Pedro Nel Angarita Uscategui por aportar sus conocimientos profesionales, experiencia y enseñanzas las cuales me ayudaron durante todo este proceso.

TABLA DE CONTENIDO

1	Análisis de probabilidad del cumplimiento de los costos en la fase de planeación y ejecución de la obra: "Construcción de la cocina comedor y sus obras complementarias para la casa del adulto mayor" ubicado en el corregimiento "La Sierra" jurisdicción del Municipio de Chiriguana - Cesar.	1
1.1	Planteamiento del problema.	1
1.3	Objetivos	3
1.3.1	Objetivo general	3
1.3.2	Objetivos específicos	4
1.4	Justificación	5
1.5	Delimitaciones:	7
1.5.1	Delimitación Operativa	7
1.5.2	Delimitación Conceptual:	7
1.5.3	Delimitación Geográfica	7
1.5.4	Delimitación Temporal	8
2	Marco referencial	8
2.1	Marco histórico:	8
2.1	Marco conceptual:	13
2.1.1	Costos totales:	13

2.1.2	Estimación de costos.....	14
2.2.3	Distribución probabilística:.....	15
2.2.4	Números aleatorios:	15
2.2.5	Desviación estándar del costo:.....	16
2.2.6	Varianza del costo:.....	16
2.2.7	Probabilidad:	17
2.2.8	A.P.U. (Análisis de precios unitarios):	17
2.2.9	Costos de imprevistos:	18
2.2.10	Costos variables:	19
2.3	Marco teórico:	19
2.3.1	Método PERT – CPM:.....	19
2.3.1.1	El PERT-COST/CPM	20
2.3.2	Estimación de los costos:	23
2.3.2.1	Estimación por tres valores:	23
2.3.2.2	Estimación Análoga:	24
2.3.2.3	Estimación Paramétrica:.....	25
2.3.2.4	Estimación Ascendente:	25
2.3.3	Gestión de los costos:.....	26
2.3.3.1	Determinar el Presupuesto:	26

2.3.3.2	Control de los Costos:	28
2.3.4	Ley de Pareto	31
2.4	Marco legal:.....	33
3	Diseño metodológico	34
3.1	Tipo de investigación:	34
3.2	Población:.....	34
3.4	Instrumentos para la recolección de información:	36
3.5	Metodología:	36
4	Presentación de resultados	39
4.1	Seleccionar los costos de mayor impacto en el proyecto de obra a través del principio de Pareto para la identificación de las actividades que tienen mayor frecuencia en cuanto su costo.	39
4.1.1	Aplicación del modelo estadístico (ley de Pareto 80-20):	39
4.1.1.1	Diagrama de Pareto	40
4.2	Establecer los datos iniciales del proyecto en estudio en su etapa de planeación; aplicando una distribución estadística para calcular las probabilidades de cumplimiento de los costos.	44
4.2.1	Estimación de costos de equipos.....	44
4.2.2	Estimación de los costos de materiales.	45
4.2.3	Estimación de los costos de transporte.	47

4.2.4	Estimación de la mano de obra.	47
4.2.5	Análisis de precios unitarios (APU):	48
4.2.6	Cálculo de parámetros que sirven para establecer los datos iniciales en el cálculo de estimaciones de costo del proyecto a partir de APU:.....	50
4.2.7	Datos iniciales para la deducción de las probabilidades de cumplimiento de los costos.	52
4.3	Elaborar estimaciones aleatorias para cada actividad seleccionada del proyecto en estudio en su etapa de planeación; para el cálculo de parámetros de la distribución del costo total.	55
4.3.1	Parámetros de distribución del costo total:	57
4.4	Construir una curva de probabilidad de cumplimiento de los costos en la etapa de ejecución del proyecto a través de estadísticas para evaluación del nivel de influencia en cuanto cumplimiento de los costos planificados.	60
4.4.1	Suministro, extendido y compactación de relleno seleccionado.	61
4.4.1.1	Plan de mejora.....	63
4.4.2	Acero de refuerzo PDR de 60.000 psi.	65
4.4.2.1	Plan de mejoras	67
4.4.3	Plantilla en concreto 3.000 psi-exp. 0.07 mt.....	68
4.4.4	Columnas en concreto 3.000 PSI.....	69
4.4.4.1	Plan de mejoras.	71

4.4.5	Fuente: Autor, 2020	72
4.4.6	Viga aérea en concreto 3.000 PSI 0,30 x 0,30.	72
4.4.7	Muro estructural en bloque estructural concreto Split color 15x19x39-relleno con concreto 3.000psi-refuerzo 5.4kg/m2-mortero de pega 1.4.....	74
4.4.8	Viga de amarre en concreto 3.000 psi, de ,30x,30.....	75
4.4.8.1	Plan de mejoras	77
4.4.9	Fuente: Autor, 2020	77
4.4.10	Instalación de correa en perfil PHR-c 120x60 cal. 14-2mm-incl. Aplicación de anticorrosivo y acabado en esmalte y cortes de estructura según diseño.	78
4.4.11	Retiros de escombros y material sobrante.	79
4.4.11.1	Plan de mejoras.....	80
4.4.12	Piso en cerámica Duropiso .30x.30 de primera calidad, alto tráfico tipo corona o similar.	81
4.4.13	Instalación de cubierta en láminas termoacústica a color, incluye instalación de tensores, tornillos.....	83
4.4.14	Instalación de cercha de 3"x2" según diseño cal. 14 mm-incl. Aplicación de anticorrosivo y acabado en esmalte y fabricación de estructura.	84
4.4.15	Zapata en concreto de 3.000 psi.....	85
4.4.16	Piso en granito fundido incl. Pulida-mortero 1:4.....	87

4.4.17	Baranda en \varnothing 1 1/2" + 4 un tubo horizontal de 1 1/2" en tubo galvanizado agua 1 1/2" - 3mm, refuerzo vertical en ángulo doble de 2 x 1/8" cada 1,50 - acabado en esmalte-h= 1.10.....	88
4.4.18	Ciclópeos 60% concreto 1:2.3 y 40% piedra.	89
4.4.19	Viga sobre muros en concreto 3.000 psi. 0,20x0,25.	90
4.4.20	Zócalo media caña en granito pulido 7.5 cm.	91
4.4.21	Puertas - divisiones baños lamina cal. 18, incl. Anticorrosivo y acabado en esmalte, instalada.....	92
4.4.22	Muro de .15 de espesor en bloque de cemento Split color 0.15x0.19x0.39- mortero de pega 1.4-a la vista por una cara y ranurado.....	93
4.4.22.1	Plan de mejoras.....	94
4.4.23	Corte de árbol porte medio sacado de raíz, hasta .80 mt de diámetro, incl. Retiro al botadero oficial.	96
4.4.24	Análisis de cuadro de línea crítica en el NO cumplimiento de los costos.	97
5	CONCLUSIONES	101
6	RECOMENDACIONES	103
7	Referencias	104

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Histórica de la gestión de proyectos 1910-2010. Adaptado de historia de la gestión de proyectos.....	10
<i>Figura 2.</i> Tiempo vs costo directo.....	22
<i>Figura 3.</i> Determinar el Presupuesto: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas.....	26
<i>Figura 4.</i> Diagrama de flujo de datos de Determinar el Presupuesto.....	27
<i>Figura 5</i> Controlar los Costos: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas.....	28
<i>Figura 6</i> Diagrama de flujo de datos de Controlar los Costos.	29
<i>Figura 7.</i> Diagrama de Pareto.....	41
<i>Figura 8.</i> Estudio de mercado para equipos	45
<i>Figura 9</i> estudio de mercado para materiales.	46
<i>Figura 10.</i> Estudio de mercado del transporte.....	47
Figura 11 Plantilla en concreto 3.000 Psi-EXP. 0,07mt.	49
<i>Figura 12.</i> valores de los parámetros que sirven para establecer los datos iniciales en el cálculo de estimaciones de costo del proyecto.	51
<i>Figura 13.</i> Datos iniciales del proyecto para la deducción de las probabilidades de cumplimiento de los costos.....	54
<i>Figura 14.</i> Parámetros de distribución del costo total, suministro, extendido y compactación de relleno seleccionado.....	58
<i>Figura 15</i> Parámetros de distribución del costo total.	59
<i>Figura 16.</i> Curva de probabilidad de cumplimiento de los costos suministro, extendido y compactación de relleno seleccionado.....	61

<i>Figura 17.</i> Diagrama de Ishikawa suministro, extendido y compactación de relleno seleccionado.....	63
<i>Figura 18</i> Curva de probabilidad de cumplimiento de los costos acero de refuerzo PDR de 60.000 psi.....	65
<i>Figura 19</i> Diagrama de Ishikawa acero de refuerzo PDR de 60.000 psi.....	66
<i>Figura 20.</i> Curva de probabilidad de cumplimiento de los costos plantilla en concreto 3.000 psi-exp. 0.07 mt.....	69
<i>Figura 22.</i> Curva de probabilidad de cumplimiento de los costos columnas en concreto 3.000 PSI.....	70
<i>Figura 23</i> Diagrama de Ishikawa columnas en concreto 3.000 PSI.....	71
<i>Figura 24.</i> Curva de probabilidad de cumplimiento de los costos viga aérea en concreto 3.000 PSI 0,30 x 0,30.....	73
<i>Figura 25.</i> Curva de probabilidad de cumplimiento de los costos muro estructural en bloque estructural concreto Split color 15x19x39-relleno con concreto 3.000psi-refuerzo 5.4kg/m ² -mortero de pega 1.4.....	74
<i>Figura 26</i> Curva de probabilidad de cumplimiento de los costos viga de amarre en concreto 3.000 psi, de ,30x,30.....	75
<i>Figura 27.</i> Diagrama de Ishikawa viga de amarre en concreto 3.000 psi, de ,30x,30.....	76
<i>Figura 28.</i> Curva de probabilidad de cumplimiento de los costos Instalación de correa en perfil PHR-c 120x60 cal. 14-2mm-incl. Aplicación de anticorrosivo y acabado en esmalte y cortes de estructura según diseño.....	78
<i>Figura 29</i> Curva de probabilidad de cumplimiento de los costos Retiros de escombros y material sobrante.....	79

<i>Figura 30.</i> Diagrama de Ishikawa retiros de escombros y material sobrante.....	80
<i>Figura 31</i> Curva de probabilidad de cumplimiento de los costos, piso en cerámica Duropiso .30x.30 de primera calidad, alto tráfico tipo corona o similar.	82
<i>Figura 32.</i> Curva de probabilidad de cumplimiento de los costos, Instalación de cubierta en láminas termoacústica a color, incluye instalación de tensores, tornillos.....	83
<i>Figura 33</i> Curva de probabilidad de cumplimiento de los costos, Instalación de cercha de 3"x2" según diseño cal. 14 mm-incl. Aplicación de anticorrosivo y acabado en esmalte y fabricación de estructura.	85
<i>Figura 34</i> Curva de probabilidad de cumplimiento de los costos, zapata en concreto de 3.000 psi.....	86
<i>Figura 35.</i> Curva de probabilidad de cumplimiento de los costos, piso en granito fundido incl. Pulida-mortero 1:4.	87
<i>Figura 36</i> Curva de probabilidad de cumplimiento de los costos, Baranda en \varnothing 1 1/2" + 4 un tubo horizontales de 1 1/2" en tubo galvanizado agua 1 1/2" - 3mm, refuerzo vertical en ángulo doble de 2 x 1/8" cada 1,50 - acabado en esmalte-h= 1.10.	88
<i>Figura 37.</i> Curva de probabilidad de cumplimiento de los costos, ciclópeos 60% concreto 1:2.3 y 40% piedra.	89
<i>Figura 38.</i> Curva de probabilidad de cumplimiento de los costos, viga sobre muros en concreto 3.000 psi. 0,20x0,25.	90
<i>Figura 39.</i> Curva de probabilidad de cumplimiento de los costos, zócalo media caña en granito pulido 7.5 cm.	91
<i>Figura 40.</i> Curva de probabilidad de cumplimiento de los costos, Puertas - divisiones baños lamina cal. 18, incl. Anticorrosivo y acabado en esmalte, instalada.	92

<i>Figura 41.</i> Curva de probabilidad de cumplimiento de los costos, muro de .15 de espesor en bloque de cemento Split color 0.15x0.19x0.39-mortero de pega 1.4-a la vista por una cara y ranurado.....	93
<i>Figura 42.</i> Diagrama de Ishikawa, muro de .15 de espesor en bloque de cemento Split color 0.15x0.19x0.39-mortero de pega 1.4-a la vista por una cara y ranurado.....	94
<i>Figura 43.</i> Curva de probabilidad de cumplimiento de los costos, corte de árbol porte medio sacado de raíz, hasta .80 mt de diámetro, incl. Retiro al botadero oficial.	96
<i>Figura 44.</i> Cuadro de línea crítica en el NO cumplimiento de los costos.	97
<i>Figura 45.</i> Resumen final del cumplimiento de los costos.....	100

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Nivel de Confianza</i>	35
Tabla 2 <i>Resultado del análisis de Pareto</i>	41
Tabla 3 <i>Números aleatorios</i>	56
Tabla 4 <i>plan de mejora suministro, extendido y compactación de relleno seleccionado</i>	64
Tabla 5 <i>Plan de mejoras acero de refuerzo PDR de 60.000 psi</i>	67
Tabla 6 <i>Plan de mejora columnas de concreto 3.000 PSI</i>	72
Tabla 7 <i>Plan de mejoras viga de amarre en concreto 3.000 psi, de ,30x,30</i>	77
Tabla 8 <i>Plan de mejoras Retiros de escombros y material sobrante</i>	81
Tabla 9 <i>Plan de mejoras Muro de .15 de espesor en bloque de cemento Split color 0.15x0.19x0.39-mortero de pega 1.4-a la vista por una cara y ranurado</i>	95

1 Análisis de probabilidad del cumplimiento de los costos en la fase de planeación y ejecución de la obra: "Construcción de la cocina comedor y sus obras complementarias para la casa del adulto mayor" ubicado en el corregimiento "La Sierra" jurisdicción del Municipio de Chiriguana - Cesar.

1.1 Planteamiento del problema.

En todo el territorio nacional las empresas de construcción planifican y llevan a ejecución cientos de construcciones sin tener un margen de probabilidades en torno a los costos y al cumplimiento de los mismos; ya que no tienen en cuenta parámetros que inciden en el éxito de estos. Los niveles de influencia que tienen dichos proyectos en cuanto al manejo de la estadística a la gestión de los costos que se aplican a las diferentes etapas de construcción como lo son: pre inversión, planificación, ejecución, seguimiento y control hacen que estos proyectos estén en una incertidumbre constante, sin saber si se van a culminar con el costo establecido o la probabilidad que este dentro del programa de inversión del mismo.

Tras el término exitoso del diseño de un proyecto hay un número importante de elementos de gestión que se debe tener en cuenta para poder materializarlo. En primer lugar, se hace un análisis de las relaciones entre las variables que intervienen en el proceso, las que en caso de no cumplirse pueden significar inconvenientes graves en el proceso.

Posteriormente se estudiará lo relativo a administración de proyectos, tanto en lo que respecta a tipos de administración y organización en torno a un proyecto; así como también conceptos acerca de planificación y control de programas de materialización para proyectos, además se destacan aspectos para poder realizar una buena gestión y control de costos de proyectos. Finalmente, se discuten aspectos de seguridad, higiene industrial y calidad, que, a juicio de los autores, son aspectos que deben ser mejorados sustancialmente en la construcción nacional (R & Z, 2011, pág. 68)

En un proceso de construcción intervienen básicamente tres variables:

- **Costos:** En la actualidad se debe optimizar tanto el costo total de la obra (mantenerla dentro del presupuesto) y optimizar los costos futuros de operación y mantenimiento.

- **Plazo:** Se deben cumplir los plazos, pero en los procesos constructivos la variable que se optimiza es la productividad. A mayor productividad menores plazos.

- **Calidad:** La calidad de un producto queda establecida en su diseño (planos y especificaciones). Por lo cual en los procesos de construcción se habla de gestión de calidad para lograr o superar la calidad establecidas (R & Z, 2011, pág. 69)

Las empresas al no hacer énfasis en dichas etapas en cuanto al manejo de la estadística en la Proyección de los costos, es que muchas veces algunos proyectos se ven obligados a solicitar adiciones sobre los costos de planeación en algunos casos no realizando el presupuesto autorizado desde el plan lo que conlleva al fracaso de los

mismos, y como consecuencia se ven muchas construcciones inconclusas y sin terminar en nuestro país.

De aquí radica la gran importancia de analizar las diferentes etapas del proyecto con sus respectivas actividades y saber la estadística de los costos que influyen en cada una de ellas en los costos finales del mismo, investigando con distribuciones que arrojen resultados para tener estadísticas dentro de los costos finales y de sus probabilidades de terminación, dentro de los costos establecidos y así no dejar obras inconclusas que afectan en su mayoría a las comunidades que esperan hacer uso de los recursos con construcciones para un bien común.

1.2 Formulación del problema

¿Será que las empresas de construcción tienen en cuenta la probabilidad del cumplimiento de los costos de planeación respecto a los de ejecución en sus proyectos?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Analizar la probabilidad del cumplimiento de los costos en la fase de planeación y ejecución de la obra: "Construcción de la cocina comedor y sus obras complementarias para la casa del adulto mayor" ubicado en el corregimiento "La Sierra" jurisdicción del Municipio de Chiriguaná Cesar.

1.3.2 Objetivos específicos

- Seleccionar los costos de mayor impacto en el proyecto de obra a través del principio de Pareto para la identificación de las actividades que tienen mayor frecuencia en cuanto su costo.
- Establecer los datos iniciales del proyecto en estudio en su etapa de planeación; aplicando una distribución estadística para calcular las probabilidades de cumplimiento de los costos.
- Elaborar estimaciones aleatorias para cada actividad seleccionada del proyecto en estudio en su etapa de planeación; para el cálculo de parámetros de la distribución del costo total.
- Construir una curva de probabilidad de cumplimiento de los costos en la etapa de ejecución del proyecto a través de estadísticas para evaluación del nivel de influencia en cuanto cumplimiento de los costos planificados.

1.4 Justificación

Independiente del cuidado que se tenga en realizar un buen presupuesto, es todavía una estimación realizada bajo condiciones de incertidumbre. Dado que los proyectos son únicos, los riesgos pueden estar presentes en todos los elementos del proyecto, por ejemplo, en su programación y sus costos. Las razones para esta incertidumbre en el costo de un proyecto pueden ser muy variadas, las que pueden ir desde problemas en la escala de los precios, diferencias entre recursos necesarios y los proyectados, variaciones en las estimaciones del tiempo requerido para realizar una actividad, cambios en los requerimientos del proyecto, entre otras. Las razones de estos cambios pueden ser muy variadas, por ejemplo: algunos errores pueden deberse a un mal supuesto del estimador, otras veces el estimador o el mandante puede aprender más sobre el comportamiento del proyecto, o a veces pueden cambiar las bases legales en que se realizó la estimación. Una buena administración de proyectos, entonces, debe anticiparse a esta situación y tomar todas las medidas necesarias, las que deben incluir planes de contingencia, que son actividades preestablecidas si no se cumplen algunos supuestos en la materialización del proyecto. Una forma de hacerlo es implementar una estrategia para manejar el riesgo. En general, el manejo del riesgo incluye tres áreas: identificación del riesgo, análisis del riesgo y respuesta al riesgo. La identificación del riesgo consiste el estudio de todas las posibles fuentes de riesgos en el proyecto. La esencia del análisis del riesgo está en establecer los resultados de una decisión como una distribución probabilística y usarla para evaluar el impacto de ciertas decisiones. La respuesta al riesgo normalmente involucra una decisión acerca de cuáles riesgos hay que prepararse, cuales hay que ignorar, y cuales hay que

dejarlo como potenciales. Existen varias formas de estimar la probabilidad de que se cumpla un determinado presupuesto. Una forma de hacerlo es a través de la simulación. Este análisis puede entregar información acerca del rango y la distribución del costo del proyecto. Primero hay que definir un valor pesimista, uno optimista y uno que represente el valor más probable o normal para una determinada partida. (R & Z, 2011, págs. 183-184)

Existen varias formas de evaluar la posibilidad de que se cumpla un determinado presupuesto concebido en la fase de planeación de un proyecto de obra; una forma de hacerlo es analizar la probabilidad del cumplimiento de los costos en dicha fase. Este análisis permite entregar información acerca del rango y la distribución del costo del proyecto en su futura fase de ejecución; el manejo de la estadística dentro de estas etapas de construcción enfocándose directamente en el área de costos; hace que las empresas en este campo tengan una estimación de datos para anticiparse a situaciones frente a esta área tan importante en cuanto al éxito del proyecto, y tomar medidas necesarias, las que deben incluir planes de contingencia que son actividades preestablecidas si no se cumplen algunos supuestos en la materialización del proyecto. Parte de la administración de costos de un proyecto es el estudio de los datos estadísticos, porque conocer la realidad nos permite actuar de una forma más coherente para estimar a futuro de cómo podrá terminar el proyecto, y poder oportunamente establecer la dirección que debe tomar al estudiar su viabilidad técnica y financiera, arrojando probabilidades de su costo final y dándole datos importantes a los ejecutores para tomar decisiones en cuanto las inversiones en los mismos.

Se tomará para la presente investigación un estudio de caso de la empresa SUKA INGENIERÍA CIVIL Y MEDIO AMBIENTE S.A.S, en uno de sus proyectos a cargo: "Construcción de la cocina comedor y sus obras complementarias para la casa del adulto mayor"; cabe recordar que esta investigación no es sólo aplicable a este solo caso en particular; también puede aplicarse en cualquier tipo de proyecto de construcción y así ayudar a la empresa constructoras a tener un mayor campo de acción en cuanto a la proyección de costos a futuro de sus proyectos, usar este modelo de gestión en la estadística de los costos para futuras construcciones y satisfacer la necesidad de tener un mayor control en los costos finales de ese proyecto.

1.5 Delimitaciones:

- 1.5.1 Delimitación Operativa:** la colaboración de la empresa SUKA INGENIERIA CIVIL Y MEDIO AMBIENTE S.A.S para facilitar información de los costos iniciales y totales del proyecto ayudará al análisis de las diferentes etapas del mismo
- 1.5.2 Delimitación Conceptual:** Para el presente trabajo de investigación se abarcarán conceptos como: costos totales, estimación de costos, distribución probabilística, números aleatorios, varianza del costo, desviación estándar del costo, probabilidad, APU, costos de imprevistos, costos variables, costos de calidad.
- 1.5.3 Delimitación Geográfica:** A pesar de que el análisis puede ser aplicado a cualquier otro proyecto de construcción en esta ocasión nos centraremos en el proyecto "construcción de la cocina comedor y sus obras complementarias para la casa

del adulto mayor" ubicado en el corregimiento "La Sierra" jurisdicción del municipio de Chiriguaná Cesar

1.5.4 Delimitación Temporal: Este proyecto, contará con un tiempo estimado para su realización de cuatro (4) meses, contados a partir de la aprobación del anteproyecto.

2 Marco referencial

2.1 Marco histórico:

El método PERT fue desarrollado en la década de 1950, por la navy special projects office en colaboración con la empresa de consultoría administrativa de Booz, Allen y Hamilton... Desde esa fecha, ha sido ampliamente aceptado en otras ramas del gobierno y de la industria y se ha aplicado en proyectos tan diferentes como en la aplicación de fábrica, edificios y carreteras, investigación administrativa desarrollo de productos, instalación de sistemas nuevos de computadoras, entre otros (Rosales, s.f.)

Es como de manera sencilla se puede analizar la importancia que a lo largo del tiempo esta técnica ha tenido, y más allá de eso la fama de la misma, logrando imponerse por encima de otras herramientas que en su tiempo fueron igualmente populares. En el año 1957 los señores R. Walter de la Du Pont y E. Nelly de la Remington Rand, introdujeron una nueva técnica gerencial que exigía una estimación de los tiempos de duración de las diferentes actividades de un proyecto. Esta técnica permitía determinar aquellas actividades que por su duración y secuencia dentro del proyecto se hacían críticas para la terminación del mismo. Este hecho determinó que se le denominara: C.P.M (Critical Path Method o

Método del Camino Crítico)."Continuando con el enfoque, la técnica introducida por Walter, permite al director del proyecto investigar el efecto total de cambiar la dirección estimada del proyecto por algunos otros valores. Los datos necesarios para esto son el tiempo y el costo de cada actividad cuando se ejecuta en su tiempo normal y después en tiempo de quiebre (Rosales, s.f.)

El método PERT y CPM tiene muchas aplicaciones que oscilan desde la planeación y control de proyectos, construcción de puentes edificios, desarrollos industriales, instalación de equipos electrónicos, grandes operaciones comerciales etc.; sin embargo lo diversificado de la aplicación del PERT y CPM ha mostrado la calidad en todos estos campos, dándoles información inmediata al ámbito correspondiente para la toma de decisión de la forma de acción más conveniente (Rosales, s.f.)

Según los expertos **el origen de la Gestión o Dirección de Proyectos puede situarse a comienzos del siglo XX**, considerándose la aparición de los primeros métodos.

Podríamos situar su inicio como disciplina con la aparición del **Diagrama de Gantt, en 1917**. La metodología **PERT (Program Evaluation and Review Technique)** y **CPM (Critical Path Method)** **llegan a mediados de los 50**. Fue en esta década de 1950, cuando las organizaciones comenzaron a aplicar sistemáticamente las herramientas y técnicas de gestión de proyectos

Mirándolo desde una perspectiva de línea de tiempo, la visión sería la siguiente:

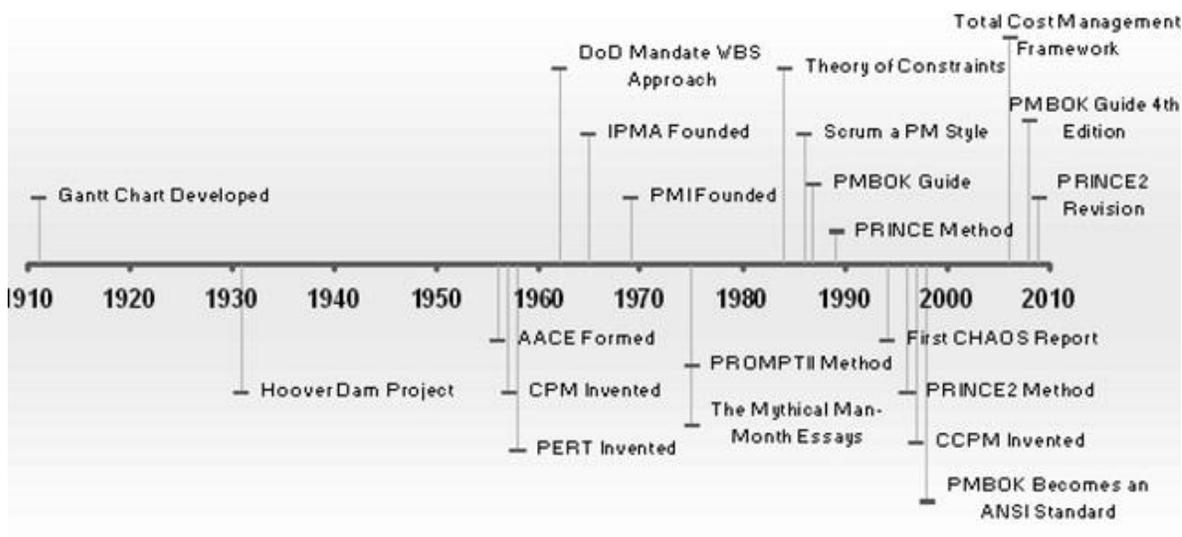


Figura 1. Histórica de la gestión de proyectos 1910-2010. Adaptado de historia de la gestión de proyectos. De Pérez, 2016, <http://www.ceolevel.com>.

El ser humano se ha embarcado en proyectos a lo largo de toda su estancia sobre el planeta Tierra. Es algo tan intrínseco a nuestra naturaleza que resultaría imposible determinar en qué momento los primeros seres humanos se ponen de acuerdo para gestionar los recursos disponibles y alcanzar un objetivo grupal, pero sin duda deberíamos fijar nuestros ojos en la **Prehistoria** (Izquierdo, 2018).

Imaginad, por ejemplo, al líder de una tribu organizando los escasos recursos disponibles (algunas lanzas y hachas, tal vez) y ordenando un plan de ataque para cazar algún animal especialmente grande que sirviera de alimento durante semanas.

Más adelante en el tiempo, y conforme la evolución de la ciencia y la tecnología permiten propósitos mayores, podemos encontrar civilizaciones que ahondaron más en la gestión de proyectos para alcanzar logros que aún hoy perduran. Pensad, por ejemplo, en las majestuosas **pirámides egipcias**.

Es precisamente en el entorno de la ingeniería donde se ubican algunos de los primeros esfuerzos significativos en gestión de proyectos a lo largo de la Historia. Figuras como los arquitectos, los ingenieros o los maestros de obra se encargan de la planificación y organización de los proyectos, de una forma cada vez más especializada.

Algunos cambios relevantes comienzan a observarse ya durante la **Revolución Industrial**. La producción se sistematiza y optimiza al máximo. Los recursos cada vez son mayores y se profundiza en la distinción entre recursos humanos y recursos materiales.

Pero no es sino hasta finales del **siglo XIX** que ve la luz la gestión de proyectos moderna. En una época dinámica y de asombro continuo, en la que grandes figuras de las finanzas y la tecnología (personajes históricos como H.P. Morgan, Edison o Nikola Tesla) mueven el mundo a través de inmensas obras de ingeniería de complejidad antes desconocida, se hace necesario crear herramientas específicas que faciliten la gestión de proyectos cada vez más exigentes.

A día de hoy es el ingeniero **Henry Gantt** el considerado como “padre” o “precursor” de la gestión de proyectos moderna. A inicios del Siglo XX Gantt desarrolla el conocido como “Diagrama de Gantt”, como alternativa al “Harmonograma”, propuesto por Karol Adamiecki.

El Diagrama de Gantt resulta ser todo un éxito en la práctica, siendo utilizado en tareas tan relevantes como la construcción de barcos durante la Primera Guerra Mundial. De hecho, el Diagrama de Gantt sigue siendo muy utilizado aún en nuestros días.

Durante los **años 50**, la disciplina alcanza nuevos impulsos en su desarrollo. El concepto de “Project Management” es acuñado de forma específica por el General

Bernard Schriever y se desarrollan nuevos modelos para la proyección de tiempos, como el CPM o “Método de Ruta Crítica” o el PERT o “Técnica de Revisión y Evaluación de Programas”. Al tiempo, también se desarrollan nuevas técnicas para la proyección de costes, formándose en 1956 la Asociación Americana de Ingenieros de Costes.

Durante los años 60 se alcanzan nuevos logros. En Europa, se crea la IPMA o “Asociación Internacional para la Gestión de Proyectos”, en la forma de federación de varias asociaciones nacionales. De forma casi paralela, en Estados Unidos es creado el PMI o “Instituto de Gestión de Proyectos” (Izquierdo, 2018).

No obstante, aún quedaban cosas por cambiar. Con la llegada de las **Tecnologías de la Información** durante los años 70 y 80, la gestión de proyectos da un nuevo salto.

Así, surgen los softwares de gestión de proyectos y aparecen enfoques más evolucionados y específicos para materias concretas, como el PRINCE2, que propone un método genérico para la gestión de proyectos y se centra en la definición y entrega de productos o el CCPM, que se centra en la disponibilidad limitada de recursos y en la prioridad según parámetros de criticidad, al tiempo que surgen conceptos como el de “Gestión de Proyectos Ágil” (Izquierdo, 2018).

La mayoría de las veces y a lo largo del tiempo, la Estadística ha sido odiada por estudiantes, pero apreciada y reconocida por profesionistas e investigadores; hoy es una de las ciencias más útiles e influyentes en la mayoría de los campos del conocimiento, pues ofrece posibilidades cuasi infinitas de desarrollo y aplicación. En nuestros días la Estadística es una herramienta que abunda en literatura científica y se ha convertido en aplicación imprescindible en múltiples ámbitos de la vida científica y cotidiana; en esa medida es una ciencia transversal (Barreto, 2012)

Cada vez son más recurrentes las aplicaciones de métodos estadísticos en la gestión de proyectos y presupuestos de todo tipo y dimensión. La gestión de los sistemas de sanidad y seguridad social son hoy inconcebibles sin el empleo de metodologías estadísticas, capaces de recopilar una inmensa cantidad de datos de forma continua para su posterior tratamiento a través de potentes paquetes estadísticos informáticos (Barreto, 2012)

Teniendo estos datos son fáciles de aplicarse en cualquier proyecto para tener una estimación probabilística de costos y poder usarse como una nueva herramienta eficaz con un alto porcentaje de confianza.

2.1 Marco conceptual:

2.1.1 Costos totales:

El concepto de costo total, en este marco, refiere a la totalidad de los costos de una empresa. Se trata de la suma de los costos variables (que se modifican cuando cambia el volumen de producción) y los costos fijos (que se mantienen estables más allá del nivel productivo) (Julian & Maria, 2017)

Por tanto, podemos exponer que los componentes del costo total son los costos de producción (materia prima, el personal, la maquinaria, las instalaciones, las herramientas, los sueldos, etc.), los administrativos, los de distribución y los financieros, entre otros. Entre esos otros se encuentran los relacionados con el ámbito comercial, la manufactura, la ingeniería, etc. (Julian & Maria, 2017)

2.1.2 Estimación de costos:

Estimar los costos consiste en desarrollar una estimación aproximada de los recursos monetarios necesarios para completar las actividades del proyecto.

Los costos incluyen, entre otros, el personal, los materiales, el equipamiento, los servicios y las instalaciones, así como otras categorías especiales, tales como el factor de inflación, el costo de financiación o el costo de contingencia obteniendo así tres niveles de precisión para la estimación de costos (Josafat, 2017)

2.2.2.1 Estimados de orden de magnitud: Se efectúa en la fase de inicio y su naturaleza es preliminar la exactitud es de -25% y $+75\%$.

2.2.2.2 Presupuesto o presupuestal: Se efectúa en la fase de planificación y su naturaleza es más firme que el estimado orden de magnitud la exactitud es de -10% y $+25\%$.

2.2.2.3 Definitivo o final: Se hace en la fase de planificación se utiliza para establecer la línea base de los costos su exactitud es de -5% y $+10\%$

2.2.3 Distribución probabilística:

Cuando se analiza un experimento aleatorio, se descubren factores de comportamiento de la probabilidad que siguen modelos propios y distintivos. Por ello, es frecuente asociar a estos experimentos una «función de probabilidad», que puede adoptar diversas formas y regirse por principios diferentes y cuyo estudio arroja luz sobre la naturaleza y las características del fenómeno físico o social ligado al experimento (vasco, 2017).

2.2.4 Números aleatorios:

Un número aleatorio es aquel obtenido al azar, es decir, que todo número tenga la misma probabilidad de ser elegido y que la elección de uno no dependa de la elección del otro. El ejemplo clásico más utilizado para generarlos es el lanzamiento repetitivo de una moneda o dado ideal no trucado.

Los números aleatorios permiten a los modelos matemáticos representar la realidad. En general cuando se requiere unos valores impredecibles, se utilizan números aleatorios los seres humanos vivimos en un medio aleatorio y nuestro comportamiento lo es también. Si deseamos predecir el comportamiento de un material, de un fenómeno climatológico o de un grupo humano podemos inferir a partir de datos estadísticos. Para lograr una mejor aproximación a la realidad nuestra herramienta predictiva debe funcionar de manera similar: aleatoriamente. De esa necesidad surgieron los modelos de simulación (Estadística aplicada a la toma de decisiones UPAO, 2015)

2.2.5 Desviación estándar del costo:

La desviación estándar de los costos es la medida de dispersión más común, que indica qué tan dispersos están los datos de los costos con respecto a la media. Mientras mayor sea la desviación estándar, mayor será la dispersión de los datos.

El símbolo σ (sigma) se utiliza frecuentemente para representar la desviación estándar de una población, mientras que s se utiliza para representar la desviación estándar de una muestra. La variación que es aleatoria o natural de un proceso se conoce comúnmente como ruido. La desviación estándar se puede utilizar para establecer un valor de referencia para estimar la variación general de un proceso. La realidad normalmente será algo distinta, surgiendo diferencias (desviaciones) entre los importes reales y los presupuestados (Minitab, 2019)

2.2.6 Varianza del costo:

La varianza es una medida de dispersión que representa la variabilidad de una serie de datos respecto a su **media**. En los costos de un proyecto es el cuadrado de la diferencia de los costos pesimista y optimista sobre una variable ξ con el fin de servir como datos para análisis probabilístico de los costos totales del proyecto.

2.2.7 Probabilidad:

La probabilidad se refiere a la mayor o menor posibilidad de que ocurra un suceso. Su noción viene de la necesidad de medir la certeza o duda de que un suceso dado ocurra o no. Esta establece una relación entre el número de sucesos favorables y el número total de sucesos posibles.

2.2.8 A.P.U. (Análisis de precios unitarios):

El APU (Análisis de Precios Unitarios) es un modelo matemático que adelanta el resultado, expresado en moneda, de una situación relacionada con una actividad sometida a estudio. También es una unidad dentro del concepto "Costo de Obra", ya que una Obra puede contener varios Presupuestos. El "Presupuesto" es la suma del producto "Precio Unitario" * "Cantidad". Cada "Presupuesto" contiene uno o varias "Partidas" (Valera, s.f.)

Este modelo matemático se basa en la agrupación de los componentes discriminados en 3 renglones: Materiales, Equipos y Mano de Obra. A pesar de ser un modelo matemático, que sugiere ser objetivo, desligado de sentimientos y otras influencias, incluye conceptos como el de "Rendimiento" que se entiende como: "la cantidad de obra realizada en un día, con el personal indicado, utilizando las herramientas y equipos indicados, en algunos casos son totalmente discretionales y sometidos a cualquier clase de influencia,

sobre todo en actividades no documentadas o no estudiadas. Análogamente, se incluyen el "Factor de Rendimiento" que pondera los renglones de Equipos y Mano de Obra para racionalizarlos, Porcentajes de Costo Indirecto e Impuestos. Existe también la situación en donde se utilice el rendimiento para "llegar" a un precio deseado (Valera, s.f.).

2.2.9 Costos de imprevistos:

Son los costos destinados dentro del proyecto a soportar problemas que afecten al costo total del mismo que pueden ser, alza de los precios, rendimientos y tiempos tardíos, desastres naturales...

Actualmente este costo se maneja con cuidado y no tiene mucho porcentaje dentro del proyecto porque si no se presentan problemas, el contratista deberá devolver el dinero al estado; a raíz de esto la gran importancia de hacer una buena gestión y planeación administrativa de los costos del proyecto.

2.2.10 Costos variables:

Un costo variable o coste variable es aquel que se modifica de acuerdo a variaciones del volumen de producción (o nivel de actividad), se trata tanto de bienes como de servicios. Es decir, si el nivel de actividad decrece, estos costos decrecen, mientras que, si el nivel de actividad aumenta, también lo hace esta clase de costos (Solorzano, 2011)

2.3 Marco teórico:

2.3.1 Método PERT – CPM:

Dentro del amplio y sugestivo campo de la Investigación Operativa, cuyo desarrollo se hace especialmente visible a partir de los años 50, se han consolidado numerosas técnicas operativas que, si bien surgen, en un principio fuera del ámbito de la empresa industrial y comercial, pronto se incorporaron al mismo dando una respuesta efectiva, incluso espectacular. A la resolución de numerosos problemas de optimización que frecuentemente se dan en las actividades empresariales. Por otra parte, los avances producidos en las últimas décadas en el campo de la informática, han puesto al alcance del empresario aplicaciones que le facilitan la utilización de las técnicas de programación lineal, líneas de espera, juegos, programación y control de proyectos, simulación, inventario, reemplazo, etc. Todas estas técnicas operativas contribuyen muy positivamente a la toma de decisiones relacionadas con problemas de optimización que se pueden presentar, no obstante. Bajo situaciones de certidumbre (en las que el decisor entiende que cada curso de acción conduce a un solo resultado), de riesgo (si entiende que pueden darse

resultados alternos, cuyas probabilidades se conocen o se pueden suponer) y de incertidumbre (cuando no sabe qué resultados se pueden producir ni siquiera en términos probabilísticos). Admitiendo la importancia que todas estas técnicas tienen en el campo económico de la empresa, se hace a continuación una exposición de aquéllas que están relacionadas con la programación y control de proyectos y muy concretamente las que se conocen bajo las siglas PERT (Project Evaluation and Review Technique) y CPM (Critical Path Method) (Piñeiro Fernandez, 1995).

La aplicación efectiva del método PERT, que tuvo lugar en 1957 en el seno de la armada norteamericana con el proyecto «Polaris» de fabricación de proyectiles para submarinos atómicos, permitió realizarlo en 3 años frente a los 5 previstos inicialmente. Se trata de una técnica que pretende optimizar el desarrollo y la ejecución de un proyecto complejo mediante el análisis previo de todas y cada una de las múltiples actividades o tareas que lo integran y que están interrelacionadas temporalmente. El PERT es una derivación de la Teoría Gratos o Redes, ya que utiliza una representación basada en un grafo (figura geométrica formada por una serie de puntos «vértices» y un cierto número de segmentos «aristas o arcos» que unen dos vértices) conexo, orientado, sin circuitos y sin bucles en el que los vértices denominan sucesos, acontecimientos o etapas, en tanto que los arcos representan actividades, tareas u operaciones. El grato PERT, por tanto, pone de manifiesto la relación de dependencia entre las actividades y las situaciones configuradoras del proyecto cuya ejecución se pretende optimizan (Piñeiro Fernandez, 1995).

2.3.1.1 El PERT-COST/CPM:

La realización de las diversas actividades del proyecto implica como es lógico la utilización de recursos de muy diversa naturaleza que suponen evidentemente un costo. Es importante diferenciar, por una parte, los costes directos y, por otra, los costes indirectos, que motivan la realización de todas y cada una de las actividades del proyecto en razón del consumo de factores o de recursos que demandan cada una de ellas. Los costes totales de las diferentes actividades del proyecto son la resultante de los costes directos e indirectos que se le asignan a las mismas. Relacionando los diferentes costes con los tiempos o duraciones resulta fácil entender que el comportamiento de los mismos es bien diferente. Los costes directos de una actividad derivan, principalmente, de los costes del trabajo, materiales y equipos que son necesarios para llevarla a cabo. Según las circunstancias, véase la Fig. 2, son varios los modelos tiempo-coste directo que se pueden dar Según RIGGS, J. L. (1973). La reducción del tiempo de ejecución de una actividad puede motivar:

- 1) Incremento lineal del coste (mod. A), que corresponde con aquellas tareas o actividades que pueden ser realizadas eficientemente aumentando los recursos utilizados
- 2) Costes constantes (mod. B) que no varían con el tiempo, como suele ocurrir, por ejemplo, con las actividades subcontratadas para la que se ha establecido un tiempo mínimo.
- 3) Aumento brusco del coste directo (mod. C) en un momento dado.
- 4) Incremento más que proporcional del coste (mod. O) a medida que se reduce el tiempo, comportamiento muy corriente y que se produce para aquellas actividades con

ciertas limitaciones que impiden que un incremento en los recursos asignados produzca un rendimiento proporcional.

5) Relaciones discontinuas coste-tiempo (mod. E) que se producen, por ejemplo, en actividades de tiempo de reparto, donde solo existe un coste para el tiempo corriente y otro para el urgente.

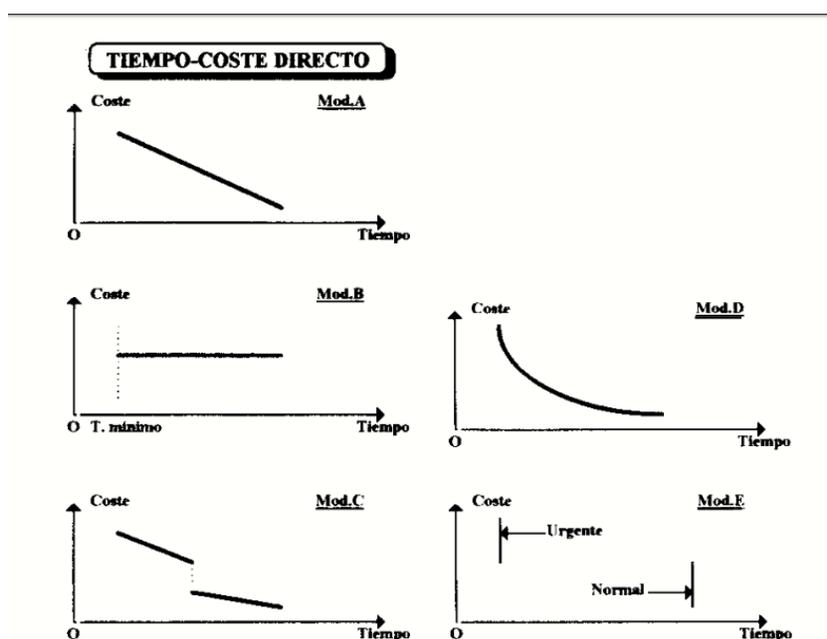


Figura 2. Tiempo vs costo directo. Adaptado de Cuadernos de Estudios Empresariales. N. < 5 (p. 208), por Servicio de Publicaciones UCM. Madrid, 1995

En cuanto a los costes indirectos, las principales fuentes son los gastos generales, los de supervisión, intereses, primas, etc. Esta clase de costes suelen variar (tal como se detalla en la Hg. 6) más que proporcionalmente a medida que aumenta el tiempo de realización de la actividad. El coste total (C_t) es., por tanto, la suma del coste directo (CD) y del coste indirecto (C_i).

2.3.2 Estimación de los costos:

2.3.2.1 Estimación por tres valores:

Se puede mejorar la exactitud de las estimaciones de costos de una actividad única si se tienen en cuenta la incertidumbre y el riesgo y se utilizan estimaciones por tres valores para definir un rango aproximado del costo de la actividad:

- Más probable (cM). El costo de la actividad se estima sobre la base de una evaluación realista del esfuerzo necesario para el trabajo requerido y de cualquier gasto previsto.
- Optimista (cO). El costo de la actividad se estima sobre la base del análisis del mejor escenario para esa actividad.
- Pesimista (cP). El costo de la actividad se estima sobre la base del análisis del peor escenario para esa actividad.

Se puede calcular el costo esperado, cE, mediante el uso de una fórmula, en función de la distribución asumida de los valores dentro del rango de las tres estimaciones. Dos de las fórmulas más utilizadas son la distribución triangular y beta. Las fórmulas son las siguientes:

- Distribución Triangular. $cE = (cO + cM + cP) / 3$

- Distribución Beta (del análisis PERT tradicional). $cE = (cO + 4cM + cP) / 6$ Las estimaciones de costos basadas en tres valores con una distribución determinada proporcionan un costo esperado y despejan el grado de incertidumbre sobre el costo esperado (Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos(guía del PMBOOK), 2013)

2.3.2.2 Estimación Análoga:

La estimación análoga de costos utiliza los valores como el alcance, el costo, el presupuesto y la duración, o medidas de escala tales como el tamaño, el peso y la complejidad de un proyecto anterior similar, como base para estimar el mismo parámetro o medida para un proyecto actual. A la hora de estimar los costos, esta técnica utiliza el costo real de proyectos similares anteriores como base para estimar el costo del proyecto actual. Es un método de estimación del valor bruto, que en ocasiones se ajusta en función de diferencias conocidas en cuanto a la complejidad del proyecto.

La estimación análoga de costos se emplea a menudo para estimar un valor cuando existe una cantidad limitada de información detallada sobre el proyecto, como es el caso, por ejemplo, en las fases iniciales del mismo. La estimación análoga de costos utiliza información histórica y juicio de expertos.

Por lo general, la estimación análoga de costos es menos costosa y requiere menos tiempo que otras técnicas, pero también es menos exacta. La estimación análoga se puede aplicar a un proyecto en su totalidad o a partes del mismo, y se puede utilizar en conjunto con otros métodos de estimación. La estimación análoga es más fiable cuando los proyectos anteriores son de hecho similares, no sólo en apariencia, y cuando los miembros del equipo del proyecto responsables de efectuar las estimaciones poseen la experiencia necesaria (Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos(guía del PMBOOK), 2013)

2.3.2.3 Estimación Paramétrica:

La estimación paramétrica utiliza una relación estadística entre los datos históricos relevantes y otras variables (p.ej., metros cuadrados en construcción) para calcular una estimación del costo del trabajo del proyecto. Con esta técnica se pueden lograr niveles superiores de exactitud, en función de la sofisticación y de los datos que utilice el modelo. La estimación paramétrica de costos se puede aplicar a un proyecto en su totalidad o a partes del mismo, en combinación con otros métodos de estimación. (Josafat, 2017)

2.3.2.4 Estimación Ascendente:

La estimación ascendente es un método que sirve para estimar un componente del trabajo. El costo individual de cada paquete de trabajo o actividad se calcula con el mayor nivel posible de detalle. El costo detallado se resume posteriormente o se “acumula” en niveles superiores para fines de reporte y seguimiento. En general, la magnitud y

complejidad de la actividad o del paquete de trabajo individuales influyen en el costo y la exactitud de la estimación ascendente de costos (Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos(guía del PMBOOK), 2013)

2.3.3 Gestión de los costos:

2.3.3.1 Determinar el Presupuesto:

Determinar el Presupuesto es el proceso que consiste en sumar los costos estimados de las actividades individuales o paquetes de trabajo de cara a establecer una línea base de costos autorizada. El beneficio clave de este proceso es que determina la línea base de costos con respecto a la cual se puede monitorear y controlar el desempeño del proyecto.

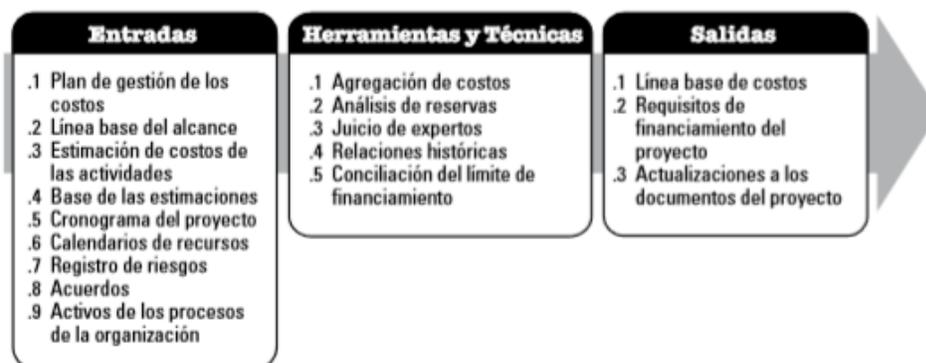


Figura 3. Determinar el Presupuesto: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Adaptado de Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (p. 208), por Project Management Institute, 2013.

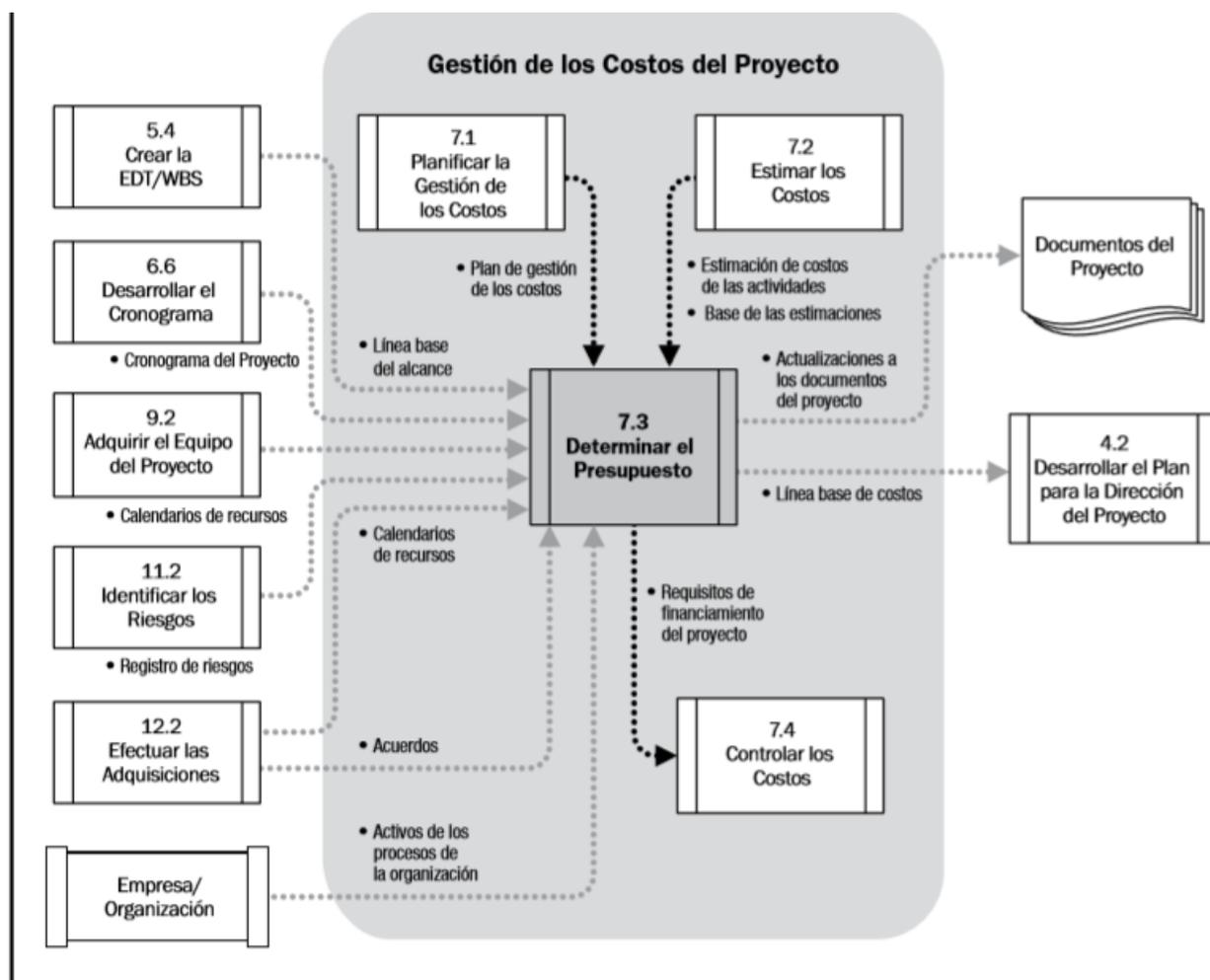


Figura 4. Diagrama de flujo de datos de Determinar el Presupuesto. Adaptado de Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (p. 209), por Project Management Institute, 2013.

El presupuesto de un proyecto contempla todos los fondos autorizados para ejecutar el proyecto. La línea base de costos es la versión aprobada del presupuesto del proyecto desde la perspectiva de sus diferentes fases, pero no incluye las reservas de gestión.

2.3.3.2 Control de los Costos:

Controlar los Costos es el proceso de monitorear el estado del proyecto para actualizar sus costos y gestionar cambios de la línea base de costo. El beneficio clave de este proceso es que proporciona los medios para detectar desviaciones con respecto al plan con objeto de tomar acciones correctivas y minimizar el riesgo. El Gráfico 7-10 muestra las entradas, herramientas y técnicas, y salidas de este proceso. El Gráfico 7-11 representa el diagrama de flujo de datos del proceso.



Figura 5 Controlar los Costos: Entradas, Herramientas y Técnicas, y Salidas. Adaptado de Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (p. 215), por Project Management Institute, 2013

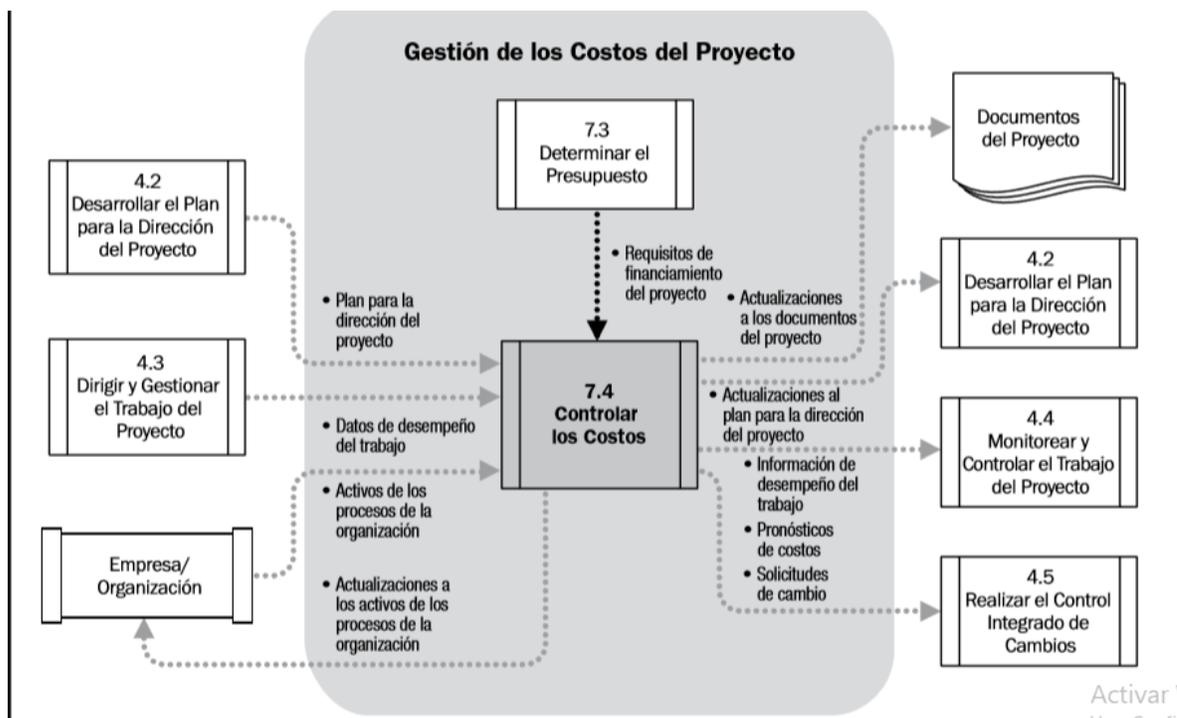


Figura 6 Diagrama de flujo de datos de Controlar los Costos. Adaptado de Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (p. 215), por Project Management Institute, 2013.

Para actualizar el presupuesto es necesario conocer los costos reales en los que se ha incurrido hasta la fecha. Cualquier incremento con respecto al presupuesto autorizado sólo se puede aprobar a través del proceso Realizar el Control Integrado de Cambios.

Monitorear el gasto de fondos sin tener en cuenta el valor del trabajo que se está realizando y que corresponde a ese gasto tiene poco valor para el proyecto, más allá de permitir que el equipo del proyecto se mantenga dentro de los márgenes de los fondos autorizados. Gran parte del esfuerzo de control de costos se dedica a analizar la relación entre los fondos del proyecto consumidos y el trabajo real efectuado correspondiente a dichos gastos. La clave para un control de costos eficaz es la gestión de la línea base de costos aprobada y la de los cambios a esa línea base.

El control de costos del proyecto incluye:

- Influir sobre los factores que producen cambios a la línea base de costos autorizada;
- Asegurar que todas las solicitudes de cambio se lleven a cabo de manera oportuna;
- Gestionar los cambios reales cuando y conforme suceden;
- Asegurar que los gastos no excedan los fondos autorizados por período, por componente de la EDT/ WBS, por actividad y para el proyecto en su totalidad.
- Monitorear el desempeño del costo para detectar y comprender las variaciones con respecto a la línea base aprobada de costos.
- Monitorear el desempeño del trabajo con relación a los gastos en los que se ha incurrido.
- Evitar que se incluyan cambios no aprobados en los informes sobre utilización de costos o de recursos.
- Informar a los interesados pertinentes acerca de todos los cambios aprobados y costos asociados.

- Realizar las acciones necesarias para mantener los excesos de costos previstos dentro de límites aceptables (Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (guía del PMBOOK), 2013).

2.3.4 Ley de Pareto

La Ley de Pareto es una herramienta de calidad y plantea “En cualquier negocio o industria pocos elementos son vitales, mientras que la gran mayoría no lo son”. También se conoce como Ley 20 – 80 \Rightarrow El 20% de la población es la que provoca el 80 % de los problemas. Hay que buscar el 20% de los rubros que más influyen o quienes provocan el 80% de los problemas (Borja, 2004).

Desde la década del 80 del pasado siglo en muchas empresas del país en el ramo del transporte se han realizado estudios de fiabilidad encaminados a determinar las demandas de piezas de repuestos, conocer los sistemas y piezas que más afectan a la producción, determinar los índices de fiabilidad , organizar el sistema de mantenimiento, realizar rediseño y /o reclamaciones a los proveedores, estas investigaciones se realizaban en la mayoría de los casos a todas los sistemas y piezas que fallaban en las máquinas de una empresa, en otros casos se realizaba por experiencias apoyadas en datos estadísticos. Al realizar la investigación y aplicar la metodología de La Fiabilidad a todos las piezas y / o sistemas que fallan en un parque de máquinas se desperdiciaba tiempo en la realización de los cálculos de piezas no críticas, pero si además se usaba para calcular y solicitar los módulos de piezas de repuesto también se desperdiciaba dinero en piezas que en la mayoría

de los casos iban a engrosar el inventario de piezas ociosas o piezas de bajos movimiento, ambas provocaban gastos innecesarios que en muchas entidades podían alcanzar sumas considerables. La Ley de Pareto vino a solucionar esta problemática al poder ser aplicada como herramienta para determinar las piezas críticas y determinar a cuáles piezas y sistemas de la máquina hay que prestarle más atención y por lo tanto dedicarle los recursos financieros, materiales y humanos. Esta metodología fue incorporada (1998) a los programas de las asignaturas de Fiabilidad que imparte el Departamento de Ingeniería del Transporte de La CUJAE tanto en pregrado como en posgrado y ha sido empleada en el estudio del comportamiento de las piezas y sistemas de las cuñas tractivas de CUBALSE en (1998), autos taxi Citroen en PANATAXI (2001) y en los autos Peugeot 106 y Ladas 2107 en PANATRANS (2004). Los objetivos de esta ponencia son: Mostrar cómo se aplica La Ley de Pareto en la Teoría de La Fiabilidad para determinar los fallos críticos de una máquina y mostrar la metodología para realizar el experimento fiabilístico (Borja, 2004).

Pareto es una herramienta de análisis de datos ampliamente utilizada y útil en la determinación de la causa principal durante un esfuerzo de resolución de problemas. Permite ver los problemas más grandes y facilita a los grupos establecer prioridades. En casos típicos, los menos, (pasos, servicios, ítems, problemas, causas) son responsables por la mayor parte el impacto negativo sobre la calidad. Si enfocamos nuestra atención en estos pocos vitales, podemos obtener la mayor ganancia potencial de nuestros esfuerzos por mejorar la calidad. Un equipo puede utilizar la Gráfica de Pareto para varios propósitos durante un proyecto para lograr mejoras (Sales, 2013):

- Para analizar las causas.
- Para estudiar los resultados.
- Para planear una mejora continua.
- Las Gráficas de Pareto son especialmente valiosas como fotos de “antes y después” para demostrar qué progreso se ha logrado. Como tal, la Gráfica de Pareto es una herramienta sencilla pero poderosa.

2.4 Marco legal:

La continuidad de este proyecto depende de la congruencia que este lleve con respecto de los requisitos legales y normativos mencionados a continuación:

- Norma técnica Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente (NSR-10), creada por la ley 400 de 1997 (Modificada Ley 1229 de 2008 / modificada ley 945 de 2017)
- **Ley 400 de 1997:** Por la cual se adoptan normas sobre Construcciones Sismo Resistentes. Exigencia de estudios arquitectónicos, geotécnicos, estructurales, no estructurales.

3 Diseño metodológico

3.1 Tipo de investigación:

El presente proyecto corresponde a una investigación descriptiva tipo estudio de caso, donde se pretende encontrar las causas de la falla en la planeación del proyecto análisis de probabilidad del cumplimiento de los costos en la fase de planeación y ejecución de la obra: "Construcción de la cocina comedor y sus obras complementarias para la casa del adulto mayor" ubicado en el corregimiento "La Sierra" jurisdicción del Municipio de Chiriguana – Cesar, teniendo en cuenta los costos de planeación respecto a los costos a la hora de ejecución, analizando las probabilidades de cumplimiento de las mismas mediante simulaciones y números aleatorios.

3.2 Población:

Para esta investigación se estudiará la obra "**construcción de la cocina comedor y sus obras complementarias para la casa del adulto mayor**" ubicado en el corregimiento "La Sierra" jurisdicción del municipio de Chiriguana- Cesar.

3.3 Muestra:

Se tomará la muestra para la investigación respecto al cálculo de población infinita con la siguiente formula:

$$n = \frac{Z\alpha^2 * p * q}{d^2}$$

Dónde:

n = Tamaño de muestra buscado

Z = nivel de confianza,

p = probabilidad de éxito, o proporción esperada

q = probabilidad de fracaso

d = precisión (error máximo admisible en términos de proporción)

Tabla 1

Nivel de Confianza

Nivel de Confianza	Z
99.7%	3
99%	2.58
98%	2.33
96%	2.05
95%	1.96
90%	1.645
80%	1.28
50%	0.674

Fuente: Psyma. (2015)

Se tendrá un nivel de confianza (Z) del 98% teniendo así $Z_{\alpha} = 2.33$, probabilidad de éxito, o proporción esperada (p) del 50%, probabilidad de fracaso (q) del 50%, y una precisión (error máximo admisible en términos de proporción) (d) del 5%.

Entonces:

$$n = \frac{2.33^2 * 50% * 50%}{5\%^2}$$

$n = 526$ muestras

La cantidad de muestra calculada representa el número de simulaciones que se tendrán en cuenta y con el cual se pretende tener una mayor efectividad a la hora de estimar el costo más probable.

3.4 Instrumentos para la recolección de información:

La colaboración de la empresa SUKA INGENIERIA CIVIL Y MEDIO AMBIENTE en la información sobre los presupuestos de planeación y ejecución de la obra, será nuestra forma de recolección de datos para el estudio.

3.5 Metodología:

Se pretende hacer un estudio a los costos en las etapas de planeación y ejecución de la obra "**construcción de la cocina comedor y sus obras complementarias para la casa del adulto mayor**" ubicado en el corregimiento "La Sierra" jurisdicción del municipio de Chiriguana- Cesar, con un estimación probabilística y simulaciones, determinando los costos más probables por cada actividad y determinar porcentajes de cumplimiento.

Para el desarrollo de los objetivos planteados en esta investigación se tendrán diferentes etapas conceptualizadas a continuación:

Etapa 1: solicitud de costos del proyecto.

En esta etapa se solicitará a la empresa SUKA INGENIERIA CIVIL Y MEDIO AMBIENTE los costos estimados para el desarrollo del proyecto, se revisará que se encuentre completa la información como: actividades, APU, unidades de medida, cantidades de obra.

Etapa 2: Trabajo de oficina.

En esta etapa se definirán las actividades con mayor impacto en el costo del proyecto por medio de la regla 20/80 de Pareto, con esto se tendrá un enfoque en dichas actividades para definir el costo más probable y determinar los costos por los APU. Las estimaciones de los costos se harán por medio del método de los tres valores (costo optimista, costo pesimista, costo más probable), teniendo en cuenta las cantidades de simulaciones de los costos por actividad por números aleatorios para el cálculo de parámetros de la distribución del costo total usando la herramienta Excel. Con esto, se podrán tener los valores estadísticos para Construir una curva de probabilidad de cumplimiento de los costos en la etapa de ejecución del proyecto a través de estadísticas para evaluación del nivel de influencia en cuanto cumplimiento de los costos planificados.

Etapa 3. Análisis de resultados.

Una vez teniendo los resultados de las diferentes actividades se determinará la línea de control de los costos y enfocarse en cada una de ellas durante la etapa de ejecución, evitando desgastes y teniendo resultados con alto porcentaje de efectividad basados en fundamentos teóricos y de investigación del proyecto en estudio de caso gracias a la ley de Pareto. Con los parámetros de distribución del costo total se desglosan los costos probables por actividades que definen la ruta crítica del cumplimiento de los mismos.

Al construir una curva de probabilidad de cumplimiento de los costos en la etapa de ejecución del proyecto a través de estadísticas se podrá tener una evaluación del nivel de influencia en cuanto cumplimiento de los costos planificados.

4 Presentación de resultados

4.1 Seleccionar los costos de mayor impacto en el proyecto de obra a través del principio de Pareto para la identificación de las actividades que tienen mayor frecuencia en cuanto su costo.

El uso de este modelo estadístico es precisado para el estudio del presupuesto de la *construcción de la sala comedor y obras complementarias del adulto mayor* en el corregimiento de la sierra jurisdicción del municipio de Chiriguana en el departamento del cesar, con el fin de separar el 20% de las actividades o conceptos de obra que representan el 80% de los resultados esto se puede ver en la tabla 2, esto se puede también traducir en los costos, lo que significa que para acabar el último 20% del trabajo necesitaremos el 80% del costo total de la obra.

4.1.1 Aplicación del modelo estadístico (ley de Pareto 80-20):

Para aplicar la ley para este caso particular es importante obtener las muestras que corresponde a los valores parciales de cada ítem dentro del conjunto de ítems que hacen parte del presupuesto del proyecto en estudio los cuales se aprecian en el **Anexo A**, al final de documento.

Para seguir el orden sistemático que adopta la ley de Pareto, se tomaron los 85 ítems que componen el presupuesto de la obra en estudio de caso (**ver anexo B**), organizando las actividades del mayor al menor costo en orden descendente, arrojando así

aproximadamente el 20% de las actividades pero que corresponden al 80% de presupuesto total de la construcción; sin embargo, esta relación no siempre se cumple y tiene variaciones que pueden oscilar entre 90/10 hasta un 70/30. En secuencia se determinó los porcentajes de cada valor parcial respecto al total de los costos directos, en donde luego se determinó el valor apreciativo del porcentaje acumulado que va generando cada actividad dentro de todos los valores parciales de cada ítem.

4.1.1.1 Diagrama de Pareto

De acuerdo a la Figura 7 se muestran los costos estimados en el proyecto donde se puede observar también las actividades que generan mayor valor agregado según la regla 80-20 de Pareto. El diagrama de Pareto se observa con sus componentes con respecto al análisis del presupuesto del proyecto en estudio, con sus respectivos histogramas con los valores por cada ítem, utilizando como frecuencia los valores parciales de cada actividad y con su respectiva curva de porcentaje acumulado quien determina el punto de intersección con el 80% del porcentaje acumulado y el ítem que marca el límite del 20% de las actividades.

Con este diagrama se puede apreciar las bases para el análisis de la regla, ya que muestra por primera vez la tendencia de las actividades con el respecto a su influencia directo en los costos totales; también ilustra todo esto de modo gráfico con una curva con la cual se puede confirmar todos sus valores con la tabla 2.

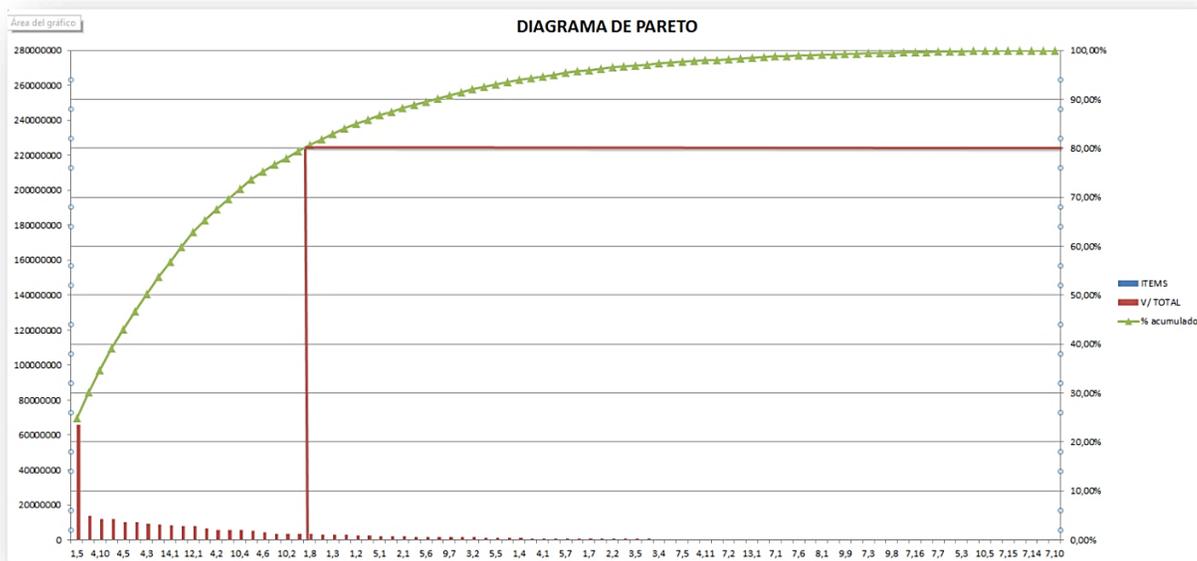


Figura 7. Diagrama de Pareto. Autor, 2020

Como resultado de la aplicación del modelo estadístico 80-20 de Pareto utilizando EXCEL como herramienta informática, se muestra en la Tabla 2, los ítems con mayor influencia dentro del presupuesto del proyecto o que abarcan la mayor parte del mismo, los cuales son muy importantes para determinar a qué actividades se les debe hacer una proyección y seguimiento más estricto de los costos para tener alcances óptimos en la ejecución, teniendo así la base de nuestro proyecto de investigación

Tabla 2

Resultado del análisis de Pareto

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	VALOR TOTAL	% acumulado	V. TOTAL ACUMULADO
1,5	SUMINISTRO, EXTENDIDO Y COMPACTACIÓN DE RELLENO SELECCIONADO	\$ 65.969.758,40	24,92%	\$ 65.969.758,40
4,12	ACERO DE REFUERZO PDR DE 60.000 PSI	\$ 13.758.560,80	30,11%	\$ 79.728.319,20
4,1	PLANTILLA EN CONCRETO 3.000 PSI-EXP. 0.07 MT.	\$ 12.167.526,30	34,71%	\$ 91.895.845,50
4,7	COLUMNAS EN CONCRETO 3.000 PSI.	\$ 11.856.466,33	39,19%	\$ 103.752.311,83
4,5	VIGA AÉREA EN CONCRETO 3.000 PSI. 0,30X0,30	\$ 10.132.271,52	43,01%	\$ 113.884.583,35
3,3	MURO ESTRUCTURAL EN BLOQUE ESTRUCTURAL CONCRETO SPLIT COLOR 15X19X39-RELLENO CON CONCRETO 3.000PSI-REFUERZO 5.4KG/M2-MORTERO DE PEGA 1.4	\$ 9.936.724,50	46,77%	\$ 123.821.307,85
4,3	VIGA DE AMARRE EN CONCRETO 3.000 PSI, DE ,30X,30	\$ 9.335.640,21	50,29%	\$ 133.156.948,06
12,2	INSTALACIÓN DE CORREA EN PERFIL PHR-C 120X60 CAL. 14-2MM-INCL.	\$ 8.958.939,99	53,68%	\$ 142.115.888,05
14,1	RETIROS DE ESCOMBROS Y MATERIAL SOBRANTE	\$ 8.455.588,80	56,87%	\$ 150.571.476,85
6,1	PISO EN CERÁMICA DUROPISO .30X.30 DE PRIMERA CALIDAD, ALTO TRÁFICO TIPO CORONA O SIMILAR.	\$ 7.966.620,00	59,88%	\$ 158.538.096,85
12,1	INSTALACIÓN DE CUBIERTA EN LÁMINAS TERMO ACÚSTICA A COLOR, INCLUYE INSTALACIÓN DE TENSORES, TORNILLOS	\$ 7.934.692,90	62,87%	\$ 166.472.789,75
12,3	INSTALACIÓN DE CERCHA DE 3"X2" SEGÚN DISEÑO CAL. 14 MM-INCL. APLICACIÓN DE ANTICORROSIVO Y ACABADO EN ESMALTE Y FABRICACIÓN DE ESTRUCTURA	\$ 6.544.518,00	65,35%	\$ 173.017.307,75
4,2	ZAPATA EN CONCRETO DE 3.000 PSI	\$ 5.763.690,50	67,52%	\$ 178.780.998,25
5,4	PISO EN GRANITO FUNDIDO INCL. PULIDA-MORTERO 1:4	\$ 5.715.400,00	69,68%	\$ 184.496.398,25
10,4	BARANDA EN Ø 1 1/2" + 4 UN TUBO HORIZONTALES DE 1 1/2" EN TUBO GALVANIZADO AGUA 1 1/2" - 3MM, REFUERZO VERTICAL EN ANGULO DOBLE DE 2 X 1/8" CADA 1,50 - ACABADO EN ESMALTE-H= 1.10	\$ 5.513.202,00	71,76%	\$ 190.009.600,25
4,4	CICLÓPEOS 60% CONCRETO 1:2.3 Y 40% PIEDRA	\$ 4.986.875,66	73,65%	\$ 194.996.475,91
4,6	VIGA SOBRE MUROS EN CONCRETO 3.000 PSI. 0,20X0,25	\$ 4.273.683,70	75,26%	\$ 199.270.159,61
6,3	ZÓCALO MEDIA CAÑA EN GRANITO PULIDO 7.5 CM	\$ 3.623.787,40	76,63%	\$ 202.893.947,01
10,2	PUERTAS - DIVISIONES BAÑOS LAMINA CAL. 18, INCL. ANTICORROSIVO Y ACABADO EN ESMALTE, INSTALADA.	\$ 3.609.971,04	77,99%	\$ 206.503.918,05
3,1	MURO DE .15 DE ESPESOR EN BLOQUE DE CEMENTO SPLIT COLOR 0.15X0.19X0.39-MORTERO DE PEGA 1.4-A LA VISTA POR UNA CARA Y RANURADO	\$ 3.607.264,00	79,36%	\$ 210.111.182,05
1,8	CORTE DE ÁRBOL PORTE MEDIO SACADO DE RAÍZ, HASTA .80 MT DE DIÁMETRO, INCL. RETIRO AL BOTADERO OFICIAL.	\$ 3.531.114,00	80,69%	\$ 213.642.296,05

Fuente: Autores, 2020

Teniendo en cuenta el análisis de la Tabla 2, se pudo apreciar 21 actividades de las 85 (ver anexo A) establecidas en el presupuesto del proyecto con un valor de \$ 213.642.296,05 en miles de pesos, al igual que los costos más significativos son directamente asociados a las actividades que involucren acero, concreto y siendo la actividad, relleno con material seleccionado la más costosa del proyecto alcanzando un porcentaje del 24,92% del costo total del proyecto.

4.2 Establecer los datos iniciales del proyecto en estudio en su etapa de planeación; aplicando una distribución estadística para calcular las probabilidades de cumplimiento de los costos.

Con el fin de establecer un criterio más amplio respecto a los costos de cada uno de los elementos que comprenden el presupuesto general de la obra, se dispuso a hacer un estudio de mercado en las diferentes ferreterías, puntos de arriendo de equipos y transportadores del municipio de **Chiriguana cesar**, con el fin de tener precios más adaptados y reales a la zona urbana más cercana de la cual se obtendrían en su mayoría los materiales y demás de la obra.

Habiendo realizado el estudio de mercado se muestra la metodología con la cual se llevó acabo los cálculos para la realización de dicho estudio:

4.2.1 Estimación de costos de equipos.

Como se puede apreciar en la figura 8, se encuentran los 5 valores diferentes en los equipos, quienes fueron obtenidos directamente del proveedor municipal, llegando a cada punto en recorrido por el municipio de Chiriguana; obteniendo buenos resultados para desarrollar cada actividad con el fin de tener todas las bases suficientes para la realización de los APU.

	EQUIPOS	v1	v2	v3	v4	v5
UNIDAD	EQUIPOS VARIOS	COSTO (\$ Pesos)				
h	Andamio tubular (1 Cuerpo)	\$ 750,00	\$ 950,00	\$ 1.029,00	\$ 1.100,00	\$ 1.200,00
h	Aspersor manual	\$ 2.000,00	\$ 2.876,09	\$ 3.500,00	\$ 4.000,00	\$ 4.500,00
h	Carrotanque de agua(1000 Galones)	\$ 45.000,00	\$ 48.000,00	\$ 51.000,00	\$ 57.000,00	\$ 60.000,00
h	COMPACTADOR MANUAL VIBRATORIO (RANA) con motor de 6 HP y Operario	\$ 8.200,00	\$ 9.205,47	\$ 9.700,39	\$ 10.393,27	\$ 11.500,00
h	Cortadora con punta de diamante	\$ 58.000,00	\$ 60.000,00	\$ 62.000,00	\$ 70.200,00	\$ 78.000,00
h	Diferencial de 2 ton.	\$ 3.200,00	\$ 3.892,30	\$ 4.500,00	\$ 5.000,00	\$ 5.450,00
h	Motoniveladora potencia 215 HP, ancho de cuchilla 4,27 m, peso 18 ton.	\$ 102.996,76	\$ 106.429,98	\$ 112.152,03	\$ 120.162,89	\$ 123.596,11
h	Motosierra, 93.6 cm3 - 7.1 HP, 45-90 cm - 7.9 kg	\$ 3.500,00	\$ 4.500,00	\$ 5.000,00	\$ 5.500,00	\$ 6.500,00
h	Pulidora (8500 REV)	\$ 2.000,00	\$ 2.500,00	\$ 3.100,00	\$ 3.300,00	\$ 3.500,00
h	Retroexcavadora sobre llantas JD 410	\$ 80.715,95	\$ 83.406,48	\$ 87.890,70	\$ 94.168,61	\$ 96.859,14
h	Retroexcavadora sobre oruga, potencia 138 HP, balde de 1,5 m3.	\$ 139.907,64	\$ 144.571,23	\$ 152.343,88	\$ 163.225,58	\$ 167.889,17
h	Tronchadora de 2.500 W	\$ 8.500,00	\$ 9.000,00	\$ 11.000,00	\$ 12.500,00	\$ 13.000,00
h	Vibrador de concreto, Motor de 3 hp a 18.000 rpm Mangueras de 4 mt	\$ 3.500,00	\$ 4.000,00	\$ 4.765,81	\$ 5.500,00	\$ 6.500,00
h	Vibrocompactador, potencia 153 HP, peso 10 Ton.	\$ 86.097,01	\$ 88.966,91	\$ 93.750,08	\$ 100.446,51	\$ 103.316,41
h	Volqueta 6 m3	\$ 58.500,00	\$ 60.450,00	\$ 63.700,00	\$ 68.250,00	\$ 70.200,00
h	Mezcladora de concreto 1 bulto	\$ 4.000,00	\$ 4.500,00	\$ 5.000,00	\$ 5.500,00	\$ 6.500,00

Figura 8. Estudio de mercado para equipos. Autor, 2020

4.2.2 Estimación de los costos de materiales.

Como se puede apreciar en la figura 9, se encuentran los 5 valores diferentes en los equipos, quienes fueron obtenidos directamente del proveedor municipal, llegando a cada punto y consultando cada uno de los precios en recorrido por el municipio de Chiriguana; obteniendo buenos resultados para desarrollar cada actividad con el fin de tener todas las bases suficientes para la realización de los APU.

MATERIALES	V 1	V 2	V 3	V 4	V 5
	COSTO (\$ Pesos)				
Agregado para concreto hidráulico	\$ 80.928,00	\$ 85.424,00	\$ 87.222,40	\$ 92.000,00	\$ 98.912,00
Arena lavada	\$ 50.000,00	\$ 54.000,00	\$ 60.000,00	\$ 65.000,00	\$ 70.000,00
Concreto Resistencia de 3.000 PSI (21MPa) elaborado en obra. Inc transporte	\$ 246.109,00	\$ 268.520,00	\$ 293.705,00	\$ 309.072,00	\$ 330.867,00
Concreto 1:2:3 tipo Grauting elaborado en obra	\$ 246.109,00	\$ 268.520,00	\$ 293.705,00	\$ 309.072,00	\$ 330.867,00
Formaleta para columna	\$ 34.686,00	\$ 36.613,00	\$ 39.000,00	\$ 41.000,00	\$ 45.000,00
Formaleta para pavimento o plantilla	\$ 5.000,00	\$ 5.747,50	\$ 6.200,00	\$ 6.800,00	\$ 7.100,00
Material seleccionado para Relleno	\$ 30.000,00	\$ 38.000,00	\$ 40.000,00	\$ 45.000,00	\$ 48.000,00
Mortero 1:4 elaborado en obra	\$ 207.719,00	\$ 228.087,00	\$ 254.887,00	\$ 269.091,00	\$ 287.047,00
Piedra para concreto ciclópeo (rajón o canto rodado)	\$ 24.000,00	\$ 26.500,00	\$ 28.779,36	\$ 30.000,00	\$ 34.000,00
Sub-Contrato Ornamentación	\$ 9.800,00	\$ 11.000,00	\$ 11.500,00	\$ 11.800,00	\$ 12.500,00

Figura 9 estudio de mercado para materiales. Autor, 2020

Como punto a aclarar algunos materiales no son añadidos al presupuesto del proyecto ya que la construcción se hizo en un convenio con la multinacional DRUMMOND, donde la misma, aportaría su presupuesto 100% en materiales, y le felicitaría a la contratista algunos materiales en obra los cuales no podrían ser parte de los APU porque ese presupuesto es completamente ajeno al licitado por la alcaldía del municipio de Chiriguana cesar.

4.2.3 Estimación de los costos de transporte.

Como se puede apreciar en la figura 10, se encuentran los 5 valores diferentes en el transporte, quienes fueron obtenidos directamente de los transportadores del municipio, llegando a cada punto y consultando cada uno de los precios de unidad por kilómetro recorrido esto fue necesario ya que la obra sería ejecutada en el corregimiento de La Sierra; con esto obteniendo buenos resultados para desarrollar cada actividad con el fin de tener todas las bases suficientes para la realización de los APU.

	TRANSPORTE	V1	V2	V3	V4	V5
UNIDAD	DESCRIPCIÓN DE TRANSPORTE Y OTROS	COSTO (\$ Pesos)				
m3k	Transporte de Material de Remoción	\$ 1.485,00	\$ 1.552,50	\$ 1.242,00	\$ 1.282,50	\$ 1.416,15
m3k	Transporte de agregados pétreos	\$ 1.100,00	\$ 1.300,00	\$ 1.550,00	\$ 1.650,00	\$ 1.800,00
m3k	Transporte de Arena	\$ 1.100,00	\$ 1.300,00	\$ 1.550,00	\$ 1.650,00	\$ 1.800,00
m3k	Transporte de material de remoción	\$ 1.100,00	\$ 1.300,00	\$ 1.550,00	\$ 1.650,00	\$ 1.800,00
m3k	Transporte de material seleccionado para relleno	\$ 1.100,00	\$ 1.300,00	\$ 1.550,00	\$ 1.650,00	\$ 1.800,00
m3k	Transporte de material triturado	\$ 1.100,00	\$ 1.300,00	\$ 1.550,00	\$ 1.650,00	\$ 1.800,00
m3k	Transporte de piedra para Ciclópeo	\$ 1.100,00	\$ 1.300,00	\$ 1.550,00	\$ 1.650,00	\$ 1.800,00

Figura 10. Estudio de mercado del transporte. Autor, 2020

4.2.4 Estimación de la mano de obra.

Para la mano de obra se determinó mediante el año que se planificó (2019), se hizo un desglose para cada trabajador, asumiendo así el SMMLV (\$ 828.116.00) en miles de pesos, del mismo año como se puede observar en la tabla, en la cual también se ven reflejados los salarios por cada obrero según el escalonamiento por especialidad, dentro del mismo se

desglosa el valor prestacional, teniendo en cuenta valores como prestaciones, seguridad social, otros costos y aportes.

4.2.5 Análisis de precios unitarios (APU):

Al tener todos los valores del estudio de mercado se procedió a realizar los Análisis de Precios Unitarios para cada actividad elegidas anteriormente en el análisis de Pareto; se realizó un formato propio donde se puede apreciar los equipos, materiales, transporte y mano de obra utilizados por cata ítem, con porcentaje de desperdicios y herramienta menor, como se puede apreciar en la Figura 8, tomando como referencia el *APU Plantilla en concreto 3.000 Psi-EXP. 0,07mt.*

Por lo general se manejaron cuadrillas 0:1; 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, 1:6, para las diferentes actividades teniendo en cuenta las cantidades y rendimiento; los rendimientos con los que se trabajaron son los que la empresa usó para la planificación del proyecto ya que con esos rendimientos son los que se establecieron para la ejecución. Todos los APU fueron realizados con la herramienta informática Excel, donde se usaron los diferentes valores para calcular 5 APU por actividad y teniendo un rango amplio para estudiar las probabilidades de los costos.

Los 105 APU con sus respectivos cálculos y valores se encuentran en el **Apéndice**

A.

		ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO (APU)				CONCRETOS Y ACEROS		FECHA	15/09/2020
ITEM	DESCRIPCIÓN						UNIDAD		
4,1	PLANTILLA EN CONCRETO 3.000 PSI-EXP. 0.07 MT.						M2		
I. EQUIPO									
DESCRIPCIÓN		TIPO	TARIFA/HORA	RENDIMIENTO	Vr. UNITARIO				
Aspersor manual			\$ 2.000,00	8,000	\$ 250,00				
Vibrador de concreto, Motor de 3 hp a 18.000 rpm Mangueras de 4 mt			\$ 3.500,00	2,000	\$ 1.750,00				
HERRAMIENTA MENOR (%)				5%	242,40				
							SUBTOTAL \$	\$ 2.242,40	
II. MATERIALES									
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	Vr. UNITARIO				
Concreto Resistencia de 3.000 PSI (21MPa) elaborado en obra. Inc transporte		m3	0,070	\$ 246.109,00	\$ 17.227,63				
Formaleta para pavimento o plantilla		un	1,200	\$ 5.000,00	\$ 6.000,00				
DESPERDICIO (%)				5%	861,38				
							SUBTOTAL \$	\$ 24.089,01	
III. TRANSPORTES									
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANT. (1)	DISTANCIA (2)	(1) * (2)	TARIFA	Vr. UNITARIO		
							SUBTOTAL \$	\$ -	
IV. MANO DE OBRA									
TRABAJADOR		JORNAL	PRESTAC.	JORNAL TOTAL	RENDIMIEN TO	Vr. UNITARIO			
Obrero (6)		\$ 163.355,68	185	\$ 302.208,00	80,00	\$ 3.777,60			
Oficial		\$ 46.283,78	185	\$ 85.625,00	80,00	\$ 1.070,31			
							SUBTOTAL \$	4.847,91	
							TOTAL COSTO DIRECTO \$	31.179,00	

Figura 11. Plantilla en concreto 3.000 Psi-EXP. 0,07mt. Este APU representa el formato de todas las actividades. Autor, 2020

4.2.6 Cálculo de parámetros que sirven para establecer los datos iniciales en el cálculo de estimaciones de costo del proyecto a partir de APU:

De acuerdo al estudio de mercado realizado en la figura 8 de equipos; figura 9 de materiales, figura 10 de transporte y la mano de obra, se realizaron los APU los cuales se pueden ver en el **Apéndice A** y los cuales se consolidan en la figura 12.

Al tener todos los APU se organizó en una tabla con las cantidades de obra para el cálculo de los valores totales por cada actividad que se obtienen de la multiplicación de valor unitario por las cantidades de cada actividad como se puede apreciar en la Figura 12.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD	A.P.U 1	A.P.U 2	A.P.U 3	A.P.U 4	A.P.U 5	V. TOTAL 1	V. TOTAL 2	V. TOTAL 3	V. TOTAL 4	V. TOTAL 5
1,5	SUMINISTRO, EXTENDIDO Y COMPACTACION DE RELLENO SELECCIONADO	M3	509,60	\$ 119.990,00	\$ 139.190,00	\$ 152.670,00	\$ 164.780,00	\$ 175.563,00	61.146.904,00	70.931.224,00	77.800.632,00	83.971.888,00	89.466.904,80
4,12	ACERO DE REFUERZO PDR DE 60.000 PSI	KG	10.850,60	\$ 1.274,00	\$ 1.286,00	\$ 1.336,00	\$ 1.374,00	\$ 1.386,00	13.823.664,40	13.953.871,60	14.496.401,60	14.908.724,40	15.038.931,60
4,1	PLANTILLA EN CONCRETO 3.000 PSI-EXP. 0.07 MT.	M2	339,97	\$ 31.179,00	\$ 34.083,00	\$ 36.938,00	\$ 39.217,00	\$ 41.742,00	10.599.924,63	11.587.197,51	12.557.811,86	13.332.603,49	14.191.027,74
4,7	COLUMNAS EN CONCRETO 3.000 PSI.	M3	13,27	\$ 821.552,00	\$ 863.262,00	\$ 912.134,00	\$ 947.342,00	\$ 1.006.185,00	10.901.995,04	11.455.486,74	12.104.018,18	12.571.228,34	13.352.074,95
4,5	VIGA AEREA EN CONCRETO 3.000 PSI. 0,30x0,30	M3	17,52	\$ 539.398,00	\$ 565.024,00	\$ 593.780,00	\$ 612.009,00	\$ 637.518,00	9.450.252,96	9.899.220,48	10.403.025,60	10.722.397,68	11.169.315,36
3,3	MURO ESTRUCTURAL EN BLOQUE ESTRUCTURAL CONCRETO SPLIT COLOR 15X19X39-RELLENO CON CONCRETO 3.000PSI-REFUERZO 5.4KG/M2-MORTERO DE PEGA 1.4	ML	218,50	\$ 41.599,00	\$ 44.243,00	\$ 47.056,00	\$ 49.029,00	\$ 51.587,00	9.089.381,50	9.667.095,50	10.281.736,00	10.712.836,50	11.271.759,50
4,3	VIGA DE AMARRE EN CONCRETO 3.000 PSI, DE ,30X,30	M3	23,01	\$ 367.721,00	\$ 393.062,00	\$ 421.380,00	\$ 439.189,00	\$ 464.127,00	8.461.260,21	9.044.356,62	9.695.953,80	10.105.738,89	10.679.562,27
12,2	INSTALACION DE CORREA EN PERFIL PHR-C 120X60 CAL. 14-2MM-INCL. APLICACIÓN DE ANTICORROSIVO Y ACABADO EN ESMALTE Y CORTES DE ESTRUCTURA SEGÚN DISEÑO	ML	355,81	\$ 24.572,00	\$ 25.018,00	\$ 25.361,00	\$ 25.647,00	\$ 25.922,00	8.742.963,32	8.901.654,58	9.023.697,41	9.125.459,07	9.223.306,82
14,1	RETIROS DE ESCOMBROS Y MATERIAL SOBRENTE	M3	305,30	\$ 24.931,00	\$ 25.761,00	\$ 27.143,00	\$ 29.078,00	\$ 29.908,00	7.611.434,30	7.864.833,30	8.286.757,90	8.877.513,40	9.130.912,40
6,1	PISO EN CERAMICA DUROPISO ,30X,30 DE PRIMERA CALIDAD, ALTO TRAFICO TIPO CORONA O SIMILAR.	M2	180,00	\$ 39.076,00	\$ 43.884,00	\$ 49.728,00	\$ 51.842,00	\$ 54.074,00	7.033.680,00	7.899.120,00	8.951.040,00	9.331.560,00	9.733.320,00
12,1	INSTALACION DE CUBIERTA EN LAMINAS TERMOACUSTICA A COLOR, INCLUYE INSTALACION DE TENSORES, TORNILLOS	M2	343,30	\$ 20.074,00	\$ 22.305,00	\$ 24.022,00	\$ 25.449,00	\$ 26.824,00	6.891.404,20	7.657.306,50	8.246.752,60	8.736.641,70	9.208.679,20
12,3	INSTALACION DE CERCHA DE 3"x2" SEGÚN DISEÑO CAL. 14 MM-INCL. APLICACION DE ANTICORROSIVO Y ACABADO EN ESMALTE Y FABRICACION DE ESTRUCTURA	ML	79,00	\$ 81.627,00	\$ 82.519,00	\$ 83.206,00	\$ 83.777,00	\$ 84.327,00	6.448.533,00	6.519.001,00	6.573.274,00	6.618.383,00	6.661.833,00
4,2	ZAPATA EN CONCRETO DE 3.000 PSI	M3	15,50	\$ 330.756,00	\$ 357.049,00	\$ 386.826,00	\$ 406.034,00	\$ 432.877,00	5.126.718,00	5.534.259,50	5.995.803,00	6.293.527,00	6.709.593,50
5,4	PISO EN GRANITO FUNDIDO INCL. PULIDA-MORTERO 1:4	ML	170,00	\$ 29.595,00	\$ 33.356,00	\$ 37.919,00	\$ 39.550,00	\$ 41.261,00	5.031.150,00	5.670.520,00	6.446.230,00	6.723.500,00	7.014.370,00
10,4	BARANDA EN Ø 1 1/2" + 4 UN TUBO HORIZONTALES DE 1 1/2" EN TUBO GALVANIZADO AGUA 1 1/2" - 3MM, REFUERZO VERTICAL EN ANGULO DOBLE DE 2 X 1/8" CADA 1,50 - ACABADO EN ESMALTE-H= 1.10	ML	64,50	\$ 85.276,00	\$ 86.476,00	\$ 86.976,00	\$ 87.276,00	\$ 87.976,00	5.500.302,00	5.577.702,00	5.609.952,00	5.629.302,00	5.674.452,00
4,4	CICLOPEOS 60% CONCRETO 1:2.3 Y 40% PIEDRA	M3	17,42	\$ 236.123,00	\$ 257.612,00	\$ 282.823,00	\$ 297.792,00	\$ 319.984,00	4.113.262,66	4.487.601,04	4.926.776,66	5.187.536,64	5.574.121,28
4,6	VIGA SOBRE MUROS EN CONCRETO 3.000 PSI. 0,20x0,25	M3	7,15	\$ 558.789,00	\$ 584.416,00	\$ 613.172,00	\$ 631.400,00	\$ 656.910,00	3.995.341,35	4.178.574,40	4.384.179,80	4.514.510,00	4.696.906,50
6,3	ZOCALO MEDIA CAÑA EN GRANITO PULIDO 7.5 CM	ML	195,10	\$ 16.866,00	\$ 18.533,00	\$ 20.533,00	\$ 21.199,00	\$ 21.866,00	3.290.556,60	3.615.788,30	4.005.988,30	4.135.924,90	4.266.056,60
10,2	PUERTAS - DIVISIONES BAÑOS LAMINA CAL. 18, INCL. ANTICORROSIVO Y ACABADO EN ESMALTE, INSTALADA.	M2	22,62	\$ 159.392,00	\$ 160.592,00	\$ 161.092,00	\$ 161.392,00	\$ 162.092,00	3.605.447,04	3.632.591,04	3.643.901,04	3.650.687,04	3.666.521,04
3,1	MURO DE .15 DE ESPESOR EN BLOQUE DE CEMENTO SPLIT COLOR 0.15X0.19X0.39-MORTERO DE PEGA 1.4-A LA VISTA POR UNA CARA Y RANURADO	M2	152,00	\$ 22.672,00	\$ 23.378,00	\$ 24.084,00	\$ 24.689,00	\$ 25.394,00	3.446.144,00	3.553.456,00	3.660.768,00	3.752.728,00	3.859.888,00
1,8	CORTE DE ARBOL PORTE MEDIO SACADO DE RAIZ, HASTA .80 MT DE DIAMETRO, INCL. RETIRO AL BOTADERO OFICIAL.	UN	6,00	\$ 537.739,00	\$ 572.737,00	\$ 612.457,00	\$ 634.231,00	\$ 662.730,00	3.226.434,00	3.436.422,00	3.674.742,00	3.805.386,00	3.976.380,00

Figura 12. Valores de los parámetros que sirven para establecer los datos iniciales en el cálculo de estimaciones de costo del proyecto. Autor, 2020

4.2.7 Datos iniciales para la deducción de las probabilidades de cumplimiento de los costos.

Dentro de los datos iniciales se encuentran: costo optimista, costo normal, costo pesimista, varianza y desviación estándar de los costos como se pueden apreciar en la figura 13. Con el resultado del costo esperado (C_e) se tiene una deducción inicial de los costos totales por actividad los cuales son los valores que debieron establecerse en los APU y los cuales fueron objeto de mejora con el estudio de mercado.

El costo optimista hace referencia al menor costo dentro de los 5 calculados anteriormente, dan un criterio de cómo lo dice su nombre, el valor optimo con el que la empresa piensa desarrollar el proyecto en circunstancias muy favorables directamente en el costo total por actividad y es valor con el cual toda empresa quisiera terminar la ejecución de las obras.

El costo normal hace referencia al costo promedio o también nombrado la media de los costos, es la base para determinar la desviación estándar y la varianza.

El costo pesimista es el costo más alto, es el valor con el cual la empresa cuenta para ejecutar el proyecto en las peores circunstancias, errores en los cálculos, tiempos tardíos entre otros.

La varianza de los costos que representa la variabilidad dentro de la serie de costos respecto a su media y con el fin de servir como datos para análisis probabilístico de los costos totales del proyecto.

La desviación estándar que indica qué tan dispersos están los datos de los costos con respecto a la media. Mientras mayor sea la desviación estándar, mayor será la dispersión de los datos o como en el caso particular de estudio, los costos.

Todos estos datos son la base para las proyecciones, dan el primer espectro de costo total por cada actividad y al analizarlos se aprecia que actividades tienen más incertidumbres al tener muy dispersos sus costos.

Datos iniciales del proyecto de obra para la deducción de las probabilidades de cumplimiento de costos.								
ITEM	DESCRIPCIÓN	a (Costo optimista)	m (Costo Normal)	b Costo pesimista)	CE (Costo esperado)	Varianza (σ)	Des.Stard(\$)	V. APU ESPERADO
1,5	SUMINISTRO, EXTENDIDO Y COMPACTACION DE RELLENO SELECCIONADO	\$ 61.146.904,00	\$ 76.663.510,56	\$ 89.466.904,80	\$ 76.211.308,51	\$ 22.278.401.258.666,70	\$ 4.720.000,13	\$149.551,23
4,12	ACERO DE REFUERZO PDR DE 60.000 PSI	\$ 13.823.664,40	\$ 14.444.318,72	\$ 15.038.931,60	\$ 14.439.978,48	\$ 41.024.287.983,22	\$ 202.544,53	\$1.330,80
4,1	PLANTILLA EN CONCRETO 3.000 PSI-EXP. 0.07 MT.	\$ 10.599.924,63	\$ 12.453.713,05	\$ 14.191.027,74	\$ 12.434.300,76	\$ 358.222.820.740,32	\$ 598.517,19	\$36.574,70
4,7	COLUMNAS EN CONCRETO 3.000 PSI.	\$ 10.901.995,04	\$ 12.076.960,65	\$ 13.352.074,95	\$ 12.093.652,10	\$ 166.746.987.927,38	\$ 408.346,65	\$911.352,83
4,5	VIGA AEREA EN CONCRETO 3.000 PSI. 0,30x0,30	\$ 9.450.252,96	\$ 10.328.842,42	\$ 11.169.315,36	\$ 10.322.489,66	\$ 82.088.209.308,16	\$ 286.510,40	\$589.183,20
3,3	MURO ESTRUCTURAL EN BLOQUE ESTRUCTURAL CONCRETO SPLIT COLOR 15X19X39-RELLENO CON CONCRETO 3.000PSI-REFUERZO 5.4KG/M2-MORTERO DE PEGA 1.4	\$ 9.089.381,50	\$ 10.204.561,80	\$ 11.271.759,50	\$ 10.196.564,70	\$ 132.299.270.413,44	\$ 363.729,67	\$46.666,20
4,3	VIGA DE AMARRE EN CONCRETO 3.000 PSI, DE ,30X,30	\$ 8.461.260,21	\$ 9.597.374,36	\$ 10.679.562,27	\$ 9.588.386,65	\$ 136.690.667.483,34	\$ 369.717,01	\$416.705,20
12,2	INSTALACION DE CORREA EN PERFIL PHR-C 120X60 CAL. 14-2MM-INCL. APLICACIÓN DE ANTICORROSIVO Y ACABADO EN ESMALTE Y CORTES DE ESTRUCTURA SEGÚN DISEÑO	\$ 8.742.963,32	\$ 9.003.416,24	\$ 9.223.306,82	\$ 8.996.655,85	\$ 6.409.163.277,56	\$ 80.057,25	\$25.285,00
14,1	RETIROS DE ESCOMBROS Y MATERIAL SOBRANTE	\$ 7.611.434,30	\$ 8.354.290,26	\$ 9.130.912,40	\$ 8.359.917,96	\$ 64.133.713.788,32	\$ 253.246,35	\$27.382,63
6,1	PISO EN CERAMICA DUROPISO .30X.30 DE PRIMERA CALIDAD, ALTO TRAFICO TIPO CORONA O SIMILAR.	\$ 7.033.680,00	\$ 8.589.744,00	\$ 9.733.320,00	\$ 8.520.996,00	\$ 202.446.003.600,00	\$ 449.940,00	\$47.338,87
12,1	INSTALACION DE CUBIERTA EN LAMINAS TERMOACUSTICA A COLOR, INCLUYE INJSTALACION DE TENSORES, TORNILLOS	\$ 6.891.404,20	\$ 8.148.156,84	\$ 9.208.679,20	\$ 8.115.451,79	\$ 149.160.095.156,25	\$ 386.212,50	\$23.639,53
12,3	INSTALACION DE CERCHA DE 3"X2" SEGÚN DISEÑO CAL. 14 MM-INCL. APLICACION DE ANTICORROSIVO Y ACABADO EN ESMALTE Y FABRICACION DE ESTRUCTURA	\$ 6.448.533,00	\$ 6.564.204,80	\$ 6.661.833,00	\$ 6.561.197,53	\$ 1.263.802.500,00	\$ 35.550,00	\$83.053,13
4,2	ZAPATA EN CONCRETO DE 3.000 PSI	\$ 5.126.718,00	\$ 5.931.980,20	\$ 6.709.593,50	\$ 5.927.372,05	\$ 69.597.079.125,01	\$ 263.812,58	\$382.411,10
5,4	PISO EN GRANITO FUNDIDO INCL. PULIDA-MORTERO 1:4	\$ 5.031.150,00	\$ 6.177.154,00	\$ 7.014.370,00	\$ 6.125.689,33	\$ 109.254.488.011,11	\$ 330.536,67	\$36.033,47
10,4	BARANDA EN Ø 1 1/2" + 4 UN TUBO HORIZONTALES DE 1 1/2" EN TUBO GALVANIZADO AGUA 1 1/2" - 3MM, REFUERZO VERTICAL EN ANGULO DOBLE DE 2 X 1/8" CADA 1,50 - ACABADO EN ESMALTE-H= 1.10	\$ 5.500.302,00	\$ 5.598.342,00	\$ 5.674.452,00	\$ 5.594.687,00	\$ 842.450.625,00	\$ 29.025,00	\$86.739,33
4,4	CICLOPEOS 60% CONCRETO 1:2.3 Y 40% PIEDRA	\$ 4.113.262,66	\$ 4.857.859,66	\$ 5.574.121,28	\$ 4.853.137,09	\$ 59.280.775.211,90	\$ 243.476,44	\$278.595,70
4,6	VIGA SOBRE MUROS EN CONCRETO 3.000 PSI. 0,20x0,25	\$ 3.995.341,35	\$ 4.353.902,41	\$ 4.696.906,50	\$ 4.351.309,58	\$ 13.672.046.102,63	\$ 116.927,53	\$608.574,77
6,3	ZOCALO MEDIA CAÑA EN GRANITO PULIDO 7.5 CM	\$ 3.290.556,60	\$ 3.862.862,94	\$ 4.266.056,60	\$ 3.834.677,49	\$ 26.433.340.277,78	\$ 162.583,33	\$19.654,93
10,2	PUERTAS - DIVISIONES BAÑOS LAMINA CAL. 18, INCL. ANTICORROSIVO Y ACABADO EN ESMALTE, INSTALADA.	\$ 3.605.447,04	\$ 3.639.829,44	\$ 3.666.521,04	\$ 3.638.547,64	\$ 103.612.041,00	\$ 10.179,00	\$160.855,33
3,1	MURO DE .15 DE ESPESOR EN BLOQUE DE CEMENTO SPLIT COLOR 0.15X0.19X0.39-MORTERO DE PEGA 1.4-A LA VISTA POR UNA CARA Y RANURADO	\$ 3.446.144,00	\$ 3.654.596,80	\$ 3.859.888,00	\$ 3.654.069,87	\$ 4.755.113.820,44	\$ 68.957,33	\$24.039,93
1,8	CORTE DE ARBOL PORTE MEDIO SACADO DE RAIZ, HASTA .80 MT DE DIAMETRO, INCL. RETIRO AL BOTADERO OFICIAL.	\$ 3.226.434,00	\$ 3.623.872,80	\$ 3.976.380,00	\$ 3.616.384,20	\$ 15.622.750.081,00	\$ 124.991,00	\$602.730,70

Figura 13. Datos iniciales del proyecto para la deducción de las probabilidades de cumplimiento de los costos. Autor, 2020

4.3 Elaborar estimaciones aleatorias para cada actividad seleccionada del proyecto en estudio en su etapa de planeación; para el cálculo de parámetros de la distribución del costo total.

De acuerdo a los datos estimados en la tabla anterior se pueden apreciar los datos de los costos optimista, pesimista que a partir de ellos se realiza el cálculo de números aleatorios.

Con el fin de ampliar el cumplimiento de los costos se realizó estimaciones aleatorias por cada actividad, buscando más valores posibles, dentro del costo optimista y el costo pesimista como se puede apreciar en la tabla 3.

Tabla 3

Números aleatorios

NÚMEROS ALEATORIOS ACERO DE REFUERZO PDR DE 60.000 PSI					
	1	2	3	4	5
1	\$13.889.102,00	\$14.110.554,00	\$13.897.602,00	\$14.294.405,00	\$14.867.916,00
2	\$13.889.186,00	\$14.736.061,00	\$14.556.337,00	\$14.976.079,00	\$14.944.028,00
3	\$14.361.864,00	\$14.664.676,00	\$14.351.212,00	\$15.016.349,00	\$15.026.330,00
4	\$14.564.412,00	\$14.512.884,00	\$14.030.051,00	\$14.826.596,00	\$14.211.212,00
5	\$14.439.007,00	\$14.751.460,00	\$14.648.267,00	\$14.916.301,00	\$14.850.007,00
6	\$14.702.061,00	\$14.753.685,00	\$14.530.532,00	\$14.136.965,00	\$14.987.259,00
7	\$14.442.363,00	\$13.982.194,00	\$14.212.197,00	\$13.829.864,00	\$14.506.382,00
8	\$14.347.932,00	\$14.761.110,00	\$13.846.647,00	\$14.841.573,00	\$14.529.538,00
9	\$15.016.859,00	\$14.822.089,00	\$14.743.697,00	\$14.269.136,00	\$14.200.249,00
10	\$14.280.143,00	\$14.181.076,00	\$14.305.679,00	\$14.798.494,00	\$14.172.626,00
11	\$14.290.820,00	\$14.271.846,00	\$14.768.740,00	\$14.010.148,00	\$14.011.793,00
12	\$14.531.458,00	\$14.606.939,00	\$14.788.066,00	\$14.005.378,00	\$13.840.088,00
13	\$14.240.322,00	\$14.446.389,00	\$14.231.928,00	\$14.763.597,00	\$13.876.395,00
14	\$14.198.486,00	\$14.960.761,00	\$14.962.516,00	\$13.910.551,00	\$14.648.956,00
15	\$14.680.712,00	\$14.896.380,00	\$14.264.405,00	\$14.046.156,00	\$14.243.680,00
16	\$14.220.063,00	\$14.982.782,00	\$14.984.412,00	\$14.023.832,00	\$13.835.209,00
17	\$14.709.157,00	\$14.875.460,00	\$14.616.227,00	\$14.530.555,00	\$14.329.025,00
18	\$14.982.844,00	\$14.764.853,00	\$14.145.862,00	\$15.005.255,00	\$14.346.709,00
19	\$14.181.124,00	\$14.228.639,00	\$13.897.061,00	\$14.911.897,00	\$14.440.647,00
20	\$14.167.507,00	\$14.869.896,00	\$14.181.194,00	\$14.302.960,00	\$13.997.638,00

Nota: los valores incluidos son punto de referencia a todos los números aleatorios por actividad.

Fuente: Autor, 2020

A cada actividad se le realizó 100 números aleatorios con las mismas condiciones mencionadas anteriormente, todas las matrices de números aleatorios por cada ítem se encuentran en el **Anexo D**.

4.3.1 Parámetros de distribución del costo total:

Para el cálculo de los parámetros de distribución del costo total fueron arrojados 100 valores diferentes entre los costos optimistas y pesimistas calculados en los datos iniciales, con los cuales dieron como resultado los siguientes puntos: costo optimista, costo normal, costo pesimista, varianza, desviación estándar dentro de la simulación aleatoria.

El costo optimista se refiere al menor valor, el costo normal al promedio y el costo pesimista al valor máximo dentro de la matriz y el valor del **costo esperado (CE)** es la media para el cálculo de las proyecciones del costo total se tomó como referencia la actividad *suministro, extendido y compactación de relleno seleccionado*, donde se encuentran todos estos datos calculados individualmente en esta actividad y se pueden apreciar en la Figura 14, todos estos valores tienen la misma influencia en los costos como fue explicado en el punto **4.2.7**, pero dándole continuidad a las proyecciones de las probabilidades de cumplimiento de los costos siendo aplicadas directamente a los mismos.

						INICIO	
NUMEROS ALEATORIOS SUMINISTRO, EXTENDIDO Y COMPACTACION DE RELLENO SELECCIONADO						PROBABILIDAD DE CUMPLIMIENTO	V. TOTAL
	1	2	3	4	5		
1	\$84.873.155,00	\$72.001.568,00	\$82.221.835,00	\$62.894.883,00	\$86.382.141,00	10,00%	\$69.856.840,35
2	\$78.767.427,00	\$64.401.228,00	\$62.795.310,00	\$83.050.157,00	\$62.382.612,00	15,00%	\$70.994.193,79
3	\$67.416.511,00	\$67.094.194,00	\$71.462.484,00	\$76.349.131,00	\$86.528.068,00	20,00%	\$71.898.126,26
4	\$85.834.510,00	\$84.727.446,00	\$83.117.888,00	\$86.615.107,00	\$65.138.651,00	25,00%	\$72.673.619,82
5	\$70.881.747,00	\$62.983.809,00	\$61.696.575,00	\$68.451.064,00	\$73.598.496,00	30,00%	\$73.370.037,01
6	\$86.335.732,00	\$66.700.121,00	\$78.456.866,00	\$76.721.120,00	\$80.874.298,00	35,00%	\$74.015.371,32
7	\$88.211.212,00	\$71.986.117,00	\$75.541.931,00	\$77.837.094,00	\$67.548.410,00	40,00%	\$74.627.730,48
8	\$87.091.998,00	\$73.900.142,00	\$61.174.699,00	\$76.963.397,00	\$81.027.274,00	45,00%	\$75.220.195,05
9	\$88.610.955,00	\$86.315.342,00	\$74.176.952,00	\$80.476.434,00	\$84.465.959,00	50,00%	\$75.803.266,31
10	\$67.706.681,00	\$79.656.605,00	\$88.760.001,00	\$88.339.889,00	\$84.491.041,00	55,00%	\$76.386.337,58
11	\$87.803.784,00	\$81.554.023,00	\$77.746.763,00	\$64.105.134,00	\$89.014.824,00	60,00%	\$76.978.802,15
12	\$86.897.400,00	\$73.216.763,00	\$69.938.052,00	\$83.819.061,00	\$72.908.326,00	65,00%	\$77.591.161,30
13	\$64.068.374,00	\$69.122.314,00	\$82.078.007,00	\$64.651.304,00	\$84.997.419,00	70,00%	\$78.236.495,62
14	\$79.928.544,00	\$64.792.735,00	\$87.264.866,00	\$87.679.405,00	\$66.490.167,00	75,00%	\$78.932.912,81
15	\$86.201.200,00	\$81.615.986,00	\$64.161.293,00	\$86.375.090,00	\$85.016.391,00	80,00%	\$79.708.406,37
16	\$72.873.860,00	\$84.635.833,00	\$66.560.739,00	\$61.901.336,00	\$74.948.454,00	85,00%	\$80.612.338,83
17	\$73.254.780,00	\$81.358.216,00	\$80.883.078,00	\$80.962.695,00	\$74.411.122,00	90,00%	\$81.749.692,28
18	\$86.141.318,00	\$65.092.465,00	\$64.959.438,00	\$79.133.166,00	\$70.034.371,00	95,00%	\$83.435.421,41
19	\$63.143.524,00	\$75.800.278,00	\$75.396.088,00	\$65.737.373,00	\$77.428.927,00	PORCENTAJE DE EJECUCION	V. EJECUTADO
20	\$69.296.625,00	\$75.866.896,00	\$81.961.056,00	\$76.653.966,00	\$70.832.776,00		
PARAMETROS DE DISTRIBUCION DEL COSTO TOTAL							
a (Costo optimista)	m (Costo Normal)	b Costo pesimista	CE (Costo esperado)	Varianza	Des.Stard	C. PLANIFICADO POR LA EMPRESA	PROBABILIDAD DE CUMPLIMIENTO EMP.
\$ 61.174.699,00	\$ 76.157.518,72	\$ 89.014.824,00	\$ 75.803.266,31	\$ 21.529.793.333.767,40	\$ 4.640.020,83	\$65.969.758,40	1,70%

Figura 14. Parámetros de distribución del costo total, suministro, extendido y compactación de relleno seleccionado. Los datos vistos en esta figura son punto de referencia para todas las actividades. Autor, 2020

Para cada actividad se realizaron los mismos cálculos y fueron puestos en forma general en la Figura 15, se pueden apreciar todos los parámetros calculados por actividad; en la columna (CE) costo esperado al igual que la varianza y desviación estándar de los mismos costos, se aprecian todas proyecciones del costo total reflejando la planificación de los mismos.

Datos iniciales del proyecto de obra para la deducción de las probabilidades de cumplimiento de costos.								
ITEM	DESCRIPCIÓN	a (Costo optimista)	m (Costo Normal)	b Costo pesimista)	CE (Costo esperado)	Varianza (σ)	Des.Stard(\$)	V. APU ESPERADO
1,5	SUMINISTRO, EXTENDIDO Y COMPACTACION DE RELLENO SELECCIONADO	\$ 61.146.904,00	\$ 76.663.510,56	\$ 89.466.904,80	\$ 76.211.308,51	\$ 22.278.401.258.666,70	\$ 4.720.000,13	\$149.551,23
4,1	ACERO DE REFUERZO PDR DE 60.000 PSI	\$ 13.823.664,40	\$ 14.444.318,72	\$ 15.038.931,60	\$ 14.439.978,48	\$ 41.024.287.983,22	\$ 202.544,53	\$1.330,80
4,1	PLANTILLA EN CONCRETO 3.000 PSI-EXP. 0.07 MT.	\$ 10.599.924,63	\$ 12.453.713,05	\$ 14.191.027,74	\$ 12.434.300,76	\$ 358.222.820.740,32	\$ 598.517,19	\$36.574,70
4,7	COLUMNAS EN CONCRETO 3.000 PSI	\$ 10.901.995,04	\$ 12.076.960,65	\$ 13.352.074,95	\$ 12.093.652,10	\$ 166.746.987.927,38	\$ 408.346,65	\$911.352,83
4,5	VIGA AEREA EN CONCRETO 3.000 PSI. 0,30x0,30 Área del gráfico	\$ 9.450.252,96	\$ 10.328.842,42	\$ 11.169.315,36	\$ 10.322.489,66	\$ 82.088.209.308,16	\$ 286.510,40	\$589.183,20
3,3	MURO ESTRUCTURAL EN BLOQUE ESTRUCTURAL CONCRETO SPLIT COLOR 15X19X39-RELLENO CON CONCRETO 3.000PSI-REFUERZO 5.4KG/M2- MORTERO DE PEGA 1.4	\$ 9.089.381,50	\$ 10.204.561,80	\$ 11.271.759,50	\$ 10.196.564,70	\$ 132.299.270.413,44	\$ 363.729,67	\$46.666,20
4,3	VIGA DE AMARRE EN CONCRETO 3.000 PSI, DE ,30X,30	\$ 8.461.260,21	\$ 9.597.374,36	\$ 10.679.562,27	\$ 9.588.386,65	\$ 136.690.667.483,34	\$ 369.717,01	\$416.705,20
12	INSTALACION DE CORREA EN PERFIL PHR-C 120X60 CAL. 14-2MM-INCL. APLICACIÓN DE ANTICORROSIVO Y ACABADO EN ESMALTE Y CORTES DE ESTRUCTURA SEGÚN DISEÑO	\$ 8.742.963,32	\$ 9.003.416,24	\$ 9.223.306,82	\$ 8.996.655,85	\$ 6.409.163.277,56	\$ 80.057,25	\$25.285,00
14	RETIROS DE ESCOMBROS Y MATERIAL SOBRANTE	\$ 7.611.434,30	\$ 8.354.290,26	\$ 9.130.912,40	\$ 8.359.917,96	\$ 64.133.713.788,32	\$ 253.246,35	\$27.382,63
6,1	PISO EN CERAMICA DUROPISO .30X.30 DE PRIMERA CALIDAD, ALTO TRAFICO TIPO CORONA O SIMILAR.	\$ 7.033.680,00	\$ 8.589.744,00	\$ 9.733.320,00	\$ 8.520.996,00	\$ 202.446.003.600,00	\$ 449.940,00	\$47.338,87
12	INSTALACION DE CUBIERTA EN LAMINAS TERMOACUSTICA A COLOR, INCLUYE INJSTALACION DE TENSORES, TORNILLOS	\$ 6.891.404,20	\$ 8.148.156,84	\$ 9.208.679,20	\$ 8.115.451,79	\$ 149.160.095.156,25	\$ 386.212,50	\$23.639,53
12	INSTALACION DE CERCHA DE 3"X2" SEGÚN DISEÑO CAL. 14 MM-INCL. APLICACION DE ANTICORROSIVO Y ACABADO EN ESMALTE Y FABRICACION DE ESTRUCTURA	\$ 6.448.533,00	\$ 6.564.204,80	\$ 6.661.833,00	\$ 6.561.197,53	\$ 1.263.802.500,00	\$ 35.550,00	\$83.053,13
4,2	ZAPATA EN CONCRETO DE 3.000 PSI	\$ 5.126.718,00	\$ 5.931.980,20	\$ 6.709.593,50	\$ 5.927.372,05	\$ 69.597.079.125,01	\$ 263.812,58	\$382.411,10
5,4	PISO EN GRANITO FUNDIDO INCL. PULIDA-MORTERO 1:4	\$ 5.031.150,00	\$ 6.177.154,00	\$ 7.014.370,00	\$ 6.125.689,33	\$ 109.254.488.011,11	\$ 330.536,67	\$36.033,47
10	BARANDA EN Ø 1 1/2" + 4 UN TUBO HORIZONTALES DE 1 1/2" EN TUBO GALVANIZADO AGUA 1 1/2" - 3MM, REFUERZO VERTICAL EN ANGULO DOBLE DE 2 X 1/8" CADA 1,50 - ACABADO EN ESMALTE-H= 1.10	\$ 5.500.302,00	\$ 5.598.342,00	\$ 5.674.452,00	\$ 5.594.687,00	\$ 842.450.625,00	\$ 29.025,00	\$86.739,33
4,4	CICLOPEOS 60% CONCRETO 1:2.3 Y 40% PIEDRA	\$ 4.113.262,66	\$ 4.857.859,66	\$ 5.574.121,28	\$ 4.853.137,09	\$ 59.280.775.211,90	\$ 243.476,44	\$278.595,70
4,6	VIGA SOBRE MUROS EN CONCRETO 3.000 PSI. 0,20x0,25	\$ 3.995.341,35	\$ 4.353.902,41	\$ 4.696.906,50	\$ 4.351.309,58	\$ 13.672.046.102,63	\$ 116.927,53	\$608.574,77
6,3	ZOCALO MEDIA CAÑA EN GRANITO PULIDO 7.5 CM	\$ 3.290.556,60	\$ 3.862.862,94	\$ 4.266.056,60	\$ 3.834.677,49	\$ 26.433.340.277,78	\$ 162.583,33	\$19.654,93
10	PUERTAS - DIVISIONES BAÑOS LAMINA CAL. 18, INCL. ANTICORROSIVO Y ACABADO EN ESMALTE, INSTALADA.	\$ 3.605.447,04	\$ 3.639.829,44	\$ 3.666.521,04	\$ 3.638.547,64	\$ 103.612.041,00	\$ 10.179,00	\$160.855,33
3,1	MURO DE .15 DE ESPESOR EN BLOQUE DE CEMENTO SPLIT COLOR 0.15X0.19X0.39-MORTERO DE PEGA 1.4-A LA VISTA POR UNA CARA Y RANURADO	\$ 3.446.144,00	\$ 3.654.596,80	\$ 3.859.888,00	\$ 3.654.069,87	\$ 4.755.113.820,44	\$ 68.957,33	\$24.039,93
1,8	CORTE DE ARBOL PORTE MEDIO SACADO DE RAIZ, HASTA .80 MT DE DIAMETRO, INCL. RETIRO AL BOTADERO OFICIAL.	\$ 3.226.434,00	\$ 3.623.872,80	\$ 3.976.380,00	\$ 3.616.384,20	\$ 15.622.750.081,00	\$ 124.991,00	\$602.730,70

Figura 15 Parámetros de distribución del costo total. Autor, 2020

4.4 Construir una curva de probabilidad de cumplimiento de los costos en la etapa de ejecución del proyecto a través de estadísticas para evaluación del nivel de influencia en cuanto cumplimiento de los costos planificados.

La curva de probabilidad de cumplimiento se basa en la distribución normal y sus parámetros como simulación y proyección, y con el fin de esclarecer las influencias y factores que puedan incurrir a un fenómeno de cambio, dentro de sus factores se encuentran los percentiles de porcentaje de probabilidad de cumplimiento como lo son:

- Probabilidad (P10): es la probabilidad del 10% y muestra el costo proyectado más bajo dentro de todos los parámetros y es el límite inferior que marca el significado de los costos proyectados que fueron asumidos muy bajos manteniendo la ejecución sin contratiempos ni errores.
- Probabilidad (P50): es la probabilidad que marca el 50% y muestra el costo proyectado referente a la media, es el punto que divide los costos optimistas y pesimistas y es el primer costo con el que se puede terminar la actividad.
- Probabilidad (P90): es el límite máximo con el cual marcará el rango de probabilidades (90%) y muestra el costo proyectado en el cual una actividad en particular puede terminarse bajo circunstancias adversas como la presencia de complicaciones inusuales o imprevistas.

Se supone que a medida que el proyecto avanza algunas actividades requerirán menos costo que el planificado y algunas actividades requerirán más tiempo que su duración

esperada; además se supone que cuando el proyecto completo se termine, la diferencia neta total entre el costo planificado y el ejecutado será mínima.

Se hizo un análisis detallado e individual por cada actividad como se mostrará a continuación.

4.4.1 Suministro, extendido y compactación de relleno seleccionado.

En esta actividad al ser la de mayor costo directo de todo el proyecto, tiende a tener un rango mayor de incertidumbre, se necesitó tener un control estricto en las cantidades de material de relleno seleccionado ya que es la materia prima principal y cualquier variación dará cambios significativos en los costos.

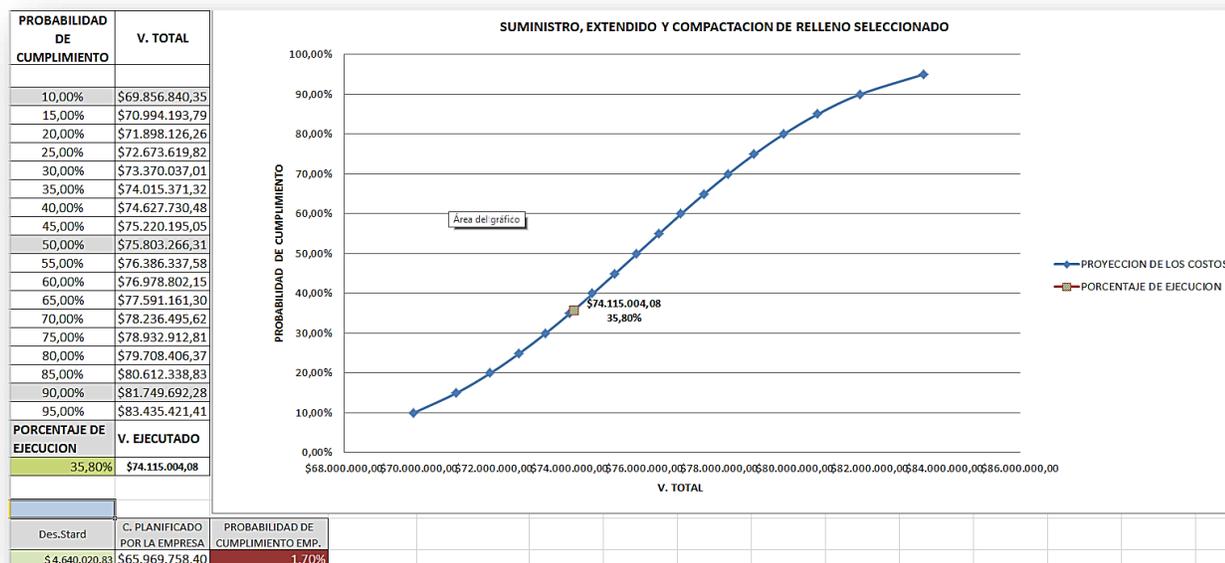


Figura 16. Curva de probabilidad de cumplimiento de los costos suministro, extendido y compactación de relleno seleccionado. Autor, 2020

Como se puede apreciar en la figura 16, se aprecia la curva de probabilidad de cumplimiento del costo de la actividad anteriormente mencionada, el costo ejecutado fue de \$74.115.004,08 en miles de pesos cayendo en una probabilidad del 35,80%, respecto al costo planificado que fue de \$65.969.758,40 en miles de pesos, con facilidad se pudo apreciar la gran diferencia de costos poniendo el ejecutado por encima del planificado da como resultado que la actividad no alcanzó las proyecciones asumidas inicialmente por la empresa; sin embargo el costo ejecutado estuvo muy cercano al costo esperado (P50) calculado en el punto anterior que fue de \$76.211.308,51 en miles de peso, por eso se debió ajustar ese costo. Por otro lado, la probabilidad de cumplimiento alcanzo el 1,70% pero no se puede apreciar en la curva de costos proyectados porque es un valor muy por debajo dentro del rango de las proyecciones respecto a la media (costo esperado), dejando así en evidencia que se falló en algunas acciones en la planificación.

Como se puede ver en la figura 17, el diagrama de Ishikawa muestra las causas principales que llevaron a esta actividad a su fracaso; sin embargo, la causa más significativa en esta actividad es el mal cálculo de cantidades, ya que el valor por M3 es elevado, y al necesitar más cantidad de material, conlleva a necesitar más mano de obra y horas de la maquinaria utilizada para cumplir con los rendimientos establecidos.

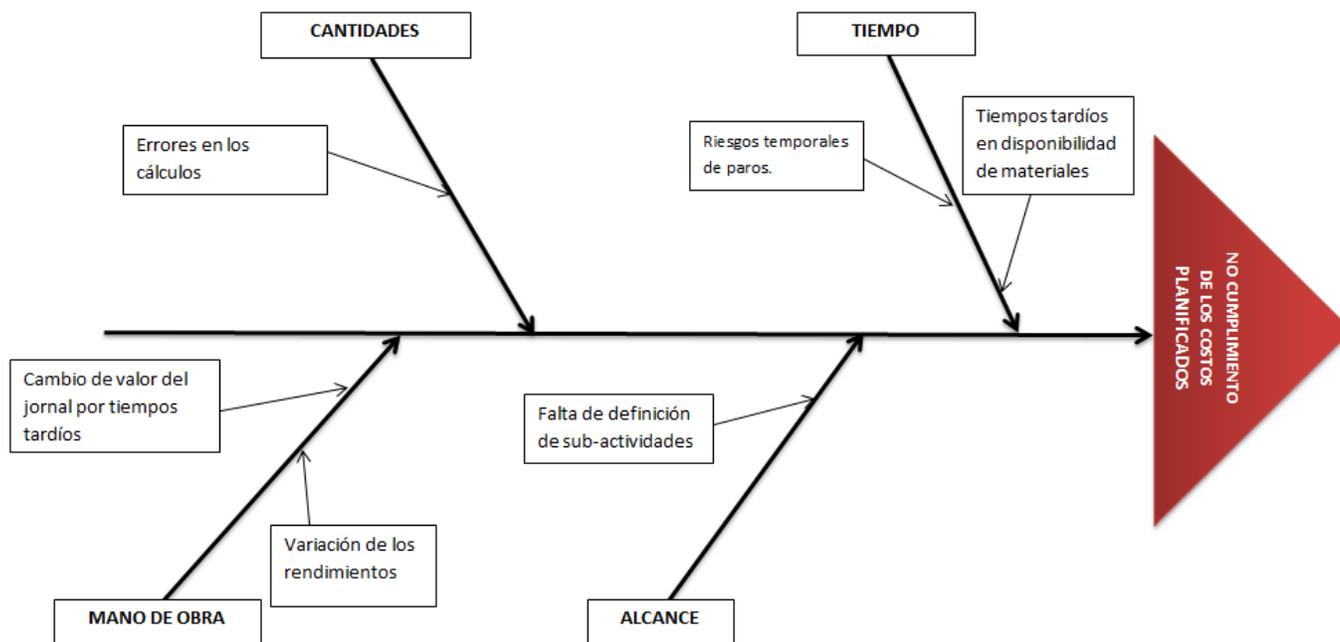


Figura 17. Diagrama de Ishikawa suministro, extendido y compactación de relleno seleccionado.
Autor, 2020

4.4.1.1 Plan de mejora

Como se puede apreciar en la tabla 4, se dan recomendaciones por cada causa quienes evitan el efecto del no cumplimiento de los costos y con ello los mismos problemas en proyectos a futuro.

Tabla 4

Plan de mejora suministro, extendido y compactación de relleno seleccionado

SUMINISTRO, EXTENDIDO Y COMPACTACIÓN DE RELLENO SELECCIONADO.		
CAUSAS	DESCRIPCIÓN	RECOMENDACIONES
CANTIDADES	Los malos cálculos se debieron a los errores en los coeficientes de expansión del material de relleno seleccionado.	recalculo de cantidades, verificando medidas de los planos para buscar errores en los cálculos y un estudio de cantera del material de relleno seleccionado para calcular más cercano el coeficiente expansión
TIEMPO	A consecuencia del mal cálculo de cantidades se incrementa el tiempo.	Se debe hacer un plan de contingencia para tiempos tardíos.
MANO DE OBRA	A consecuencia del mal cálculo de cantidades se incrementaron las cuadrillas para ajustar rendimientos.	Control de rendimientos y productividad en ejecución.
ALCANCE	Se amplió el alcance por ítems no previstos.	Contemplar sub actividades como extendido de material manual, para el relleno dentro de la obra.

Fuente: Autor 2020.

4.4.2 Acero de refuerzo PDR de 60.000 psi.

En esta actividad no se incluye la materia prima (Acero) solo se estableció el corte y figurado ya que el Acero no estuvo dentro del presupuesto como se explica en el punto

4.2.1.

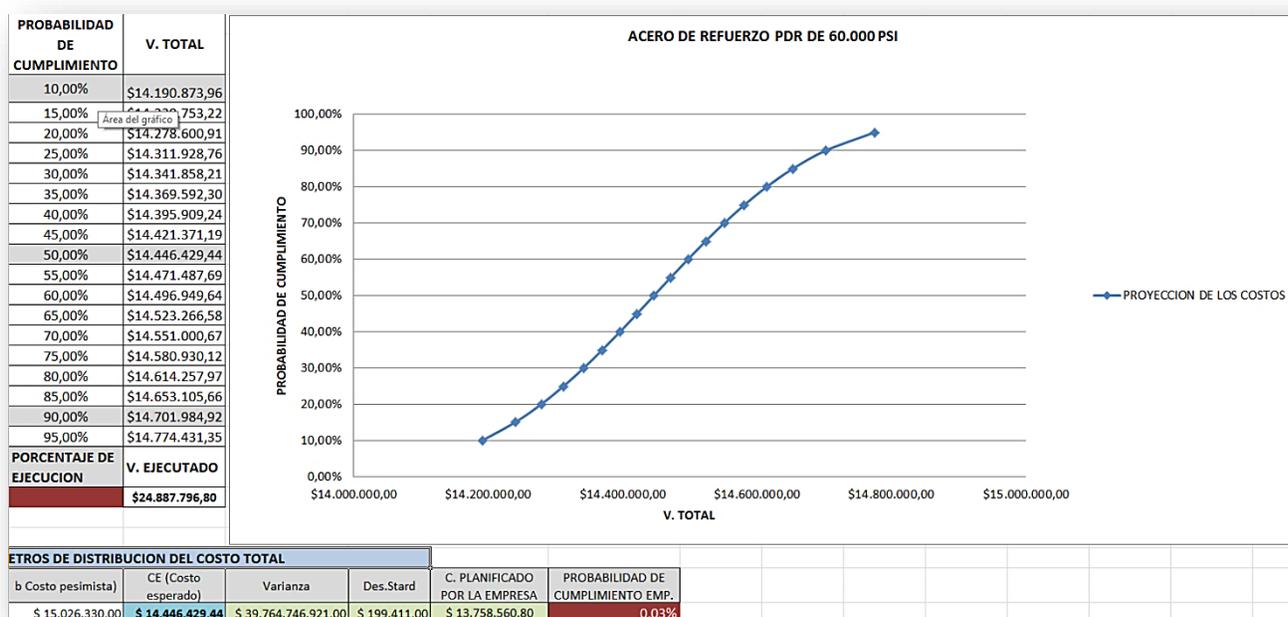


Figura 18 Curva de probabilidad de cumplimiento de los costos acero de refuerzo PDR de 60.000 psi. Autor, 2020

En esta actividad en la figura 18 se apreció el costo ejecutado \$24.887.796,80 en miles de pesos, muy por encima del valor planificado por la empresa que fue de \$ 13.758.560,00 en miles de pesos, ambos puntos se salen del rango de proyecciones del costo total; el costo ejecutado muy por encima del costo pesimista y el costo planificado muy por debajo del costo optimista ambos resaltados en la curva de probabilidad del cumplimiento de los costos figura 18.

Para analizar las causas del no cumplimiento de los costos se tiene el diagrama de Ishikawa como se puede ver en la figura 19, en este caso también influyó el mal cálculo de cantidades y con ello provocando fallos la mano de obra y tiempo.

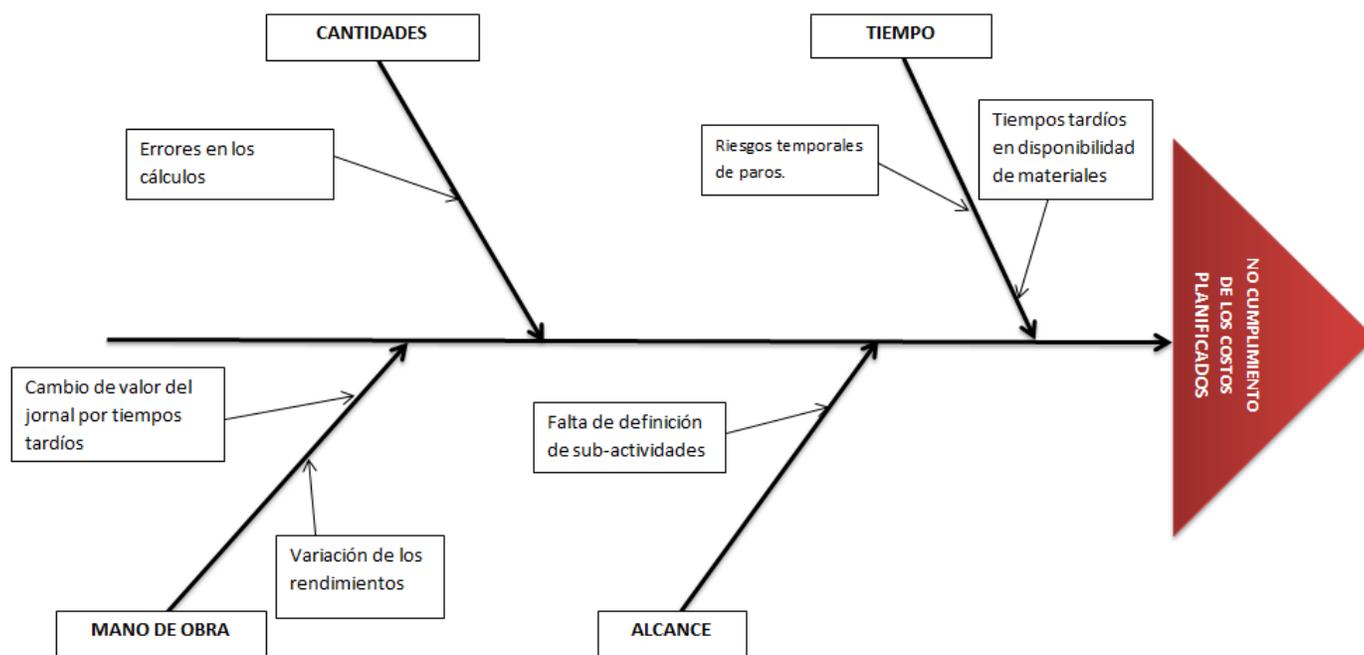


Figura 19. Diagrama de Ishikawa acero de refuerzo PDR de 60.000 psi. Autor, 2020

4.4.2.1 Plan de mejoras

Como se puede apreciar en la tabla 5, se dan recomendaciones por cada causa quienes evitan el efecto del no cumplimiento de los costos y con ello los mismos problemas en proyectos a futuro.

Tabla 5

Plan de mejoras acero de refuerzo PDR de 60.000 psi.

ACERO DE REFUERZO PDR DE 60.000 PSI.		
CAUSAS	DESCRIPCIÓN	RECOMENDACIONES
CANTIDADES	Los malos cálculos se debieron a los errores en los planes estructurales.	Recalculo de cantidades, verificando medidas de los planos para buscar errores los cuales generan los de cálculos de cantidades.
TIEMPO	A consecuencia del mal cálculo de cantidades se incrementa el tiempo.	Se debe hacer un plan de contingencia para tiempos tardíos.
MANO DE OBRA	A consecuencia del mal cálculo de cantidades se incrementaron las cuadrillas para ajustar rendimientos.	Control de rendimientos y productividad en ejecución y reajustar si es necesario.
ALCANCE	Se amplió el alcance por ítems no previstos.	Contemplar sub actividades como corte del acero.

Fuente: Autor, 2020

4.4.3 Plantilla en concreto 3.000 psi-exp. 0.07 mt.

En esta actividad los costos son muy centrados, a pesar de que el costo ejecutado fue un poco más alto que el planificado como se puede apreciar en la figura 20 están muy cercanos al Costo esperado (CE) y con una diferencia mínima, el costo planificado cayó en un 42,96% y el ejecutado en un 66,82%. Los rendimientos y la variación de los agregados influyeron en el costo directo de ejecución de la actividad.

Para esta actividad solo se recomendó tener un control en los rendimientos de los obreros y su productividad y reajustar cuando sea necesario por consiguiente calcular con más exactitud la cuadrilla necesaria para la ejecución.

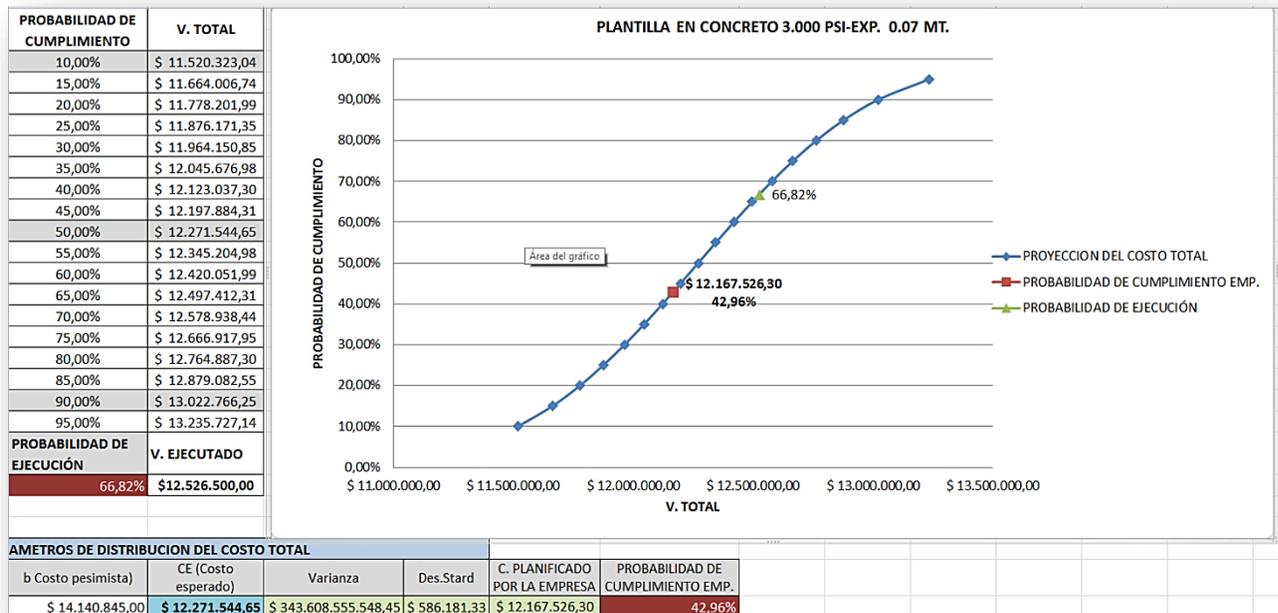


Figura 20. Curva de probabilidad de cumplimiento de los costos plantilla en concreto 3.000 psi-exp. 0.07 mt. Autor, 2020

4.4.4 Columnas en concreto 3.000 PSI.

En las columnas de concreto nuevamente el costo ejecutado supero al planificado como se puede apreciar en la figura 21, la gráfica muestra las probabilidades de cada uno dejando un 22,12% en la curva de proyección de los costos acercándose al costo optimista (P10) dejando como conclusión que los valores están muy cercanos (planificado y proyectado). Por otro lado, el valor ejecutado estuvo en un 59,36% cercano al costo esperado (P50), mostrando así que se deben hacer algunos ajustes en la planificación y unos controles en su ejecución.

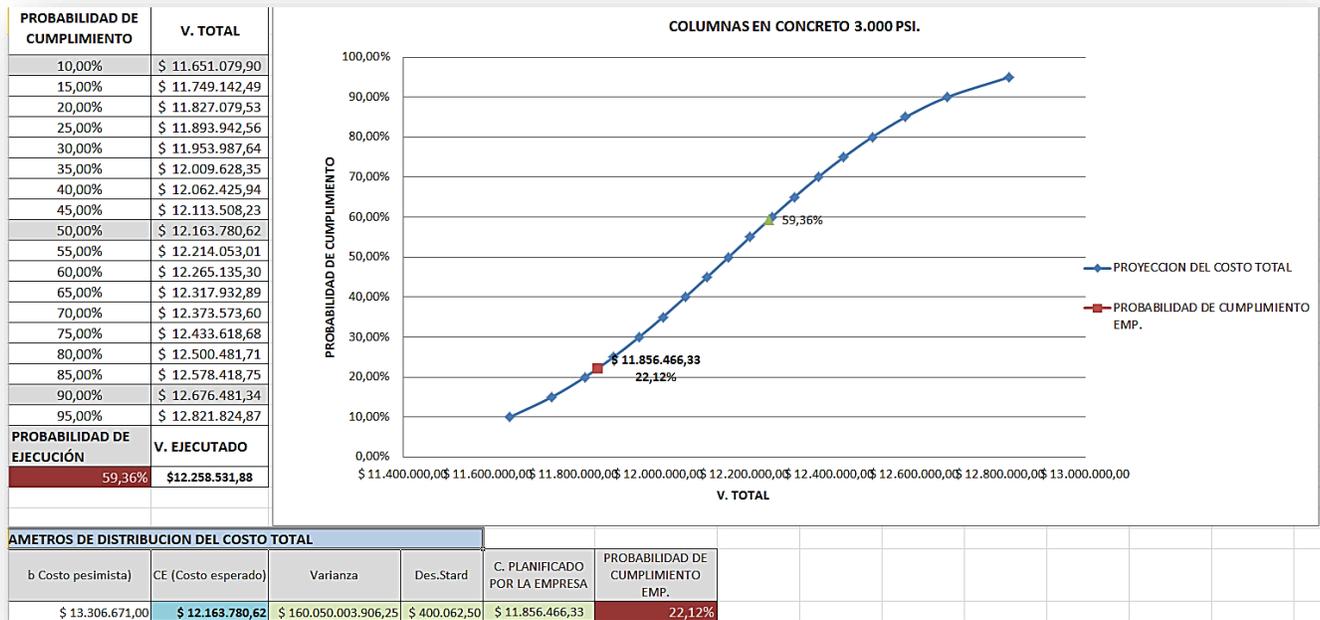


Figura 21. Curva de probabilidad de cumplimiento de los costos columnas en concreto 3.000 PSI. Autor, 2020

Como se puede ver en la figura 22, el diagrama de Ishikawa muestra las causas principales que llevaron a esta actividad a su fracaso como lo son; tiempo, mano de obra y materiales.

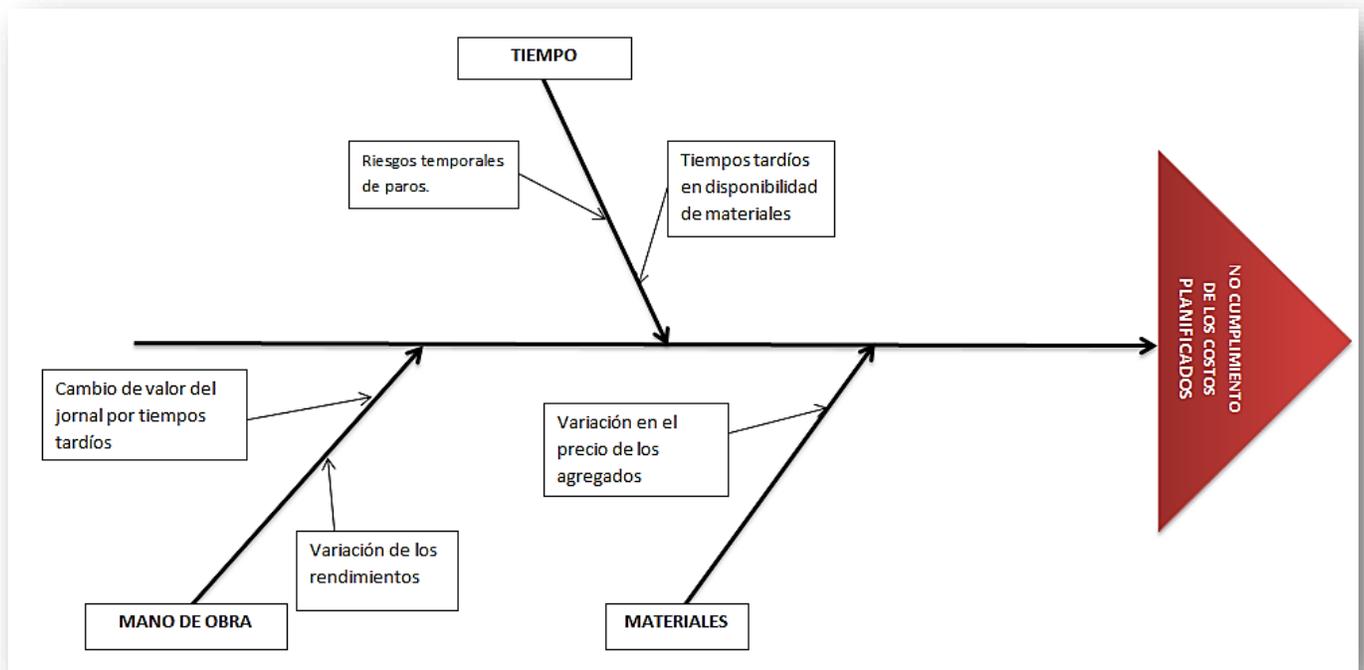


Figura 22 Diagrama de Ishikawa columnas en concreto 3.000 PSI. Autor, 2020

4.4.4.1 Plan de mejoras.

Como se puede apreciar en la tabla 6, se dan recomendaciones por cada causa quienes evitan el efecto del no cumplimiento de los costos y con ello los mismos problemas en proyectos a futuro.

Tabla 6

Plan de mejora columnas de concreto 3.000 PSI

COLUMNAS EN CONCRETO 3.000 PSI.		
CAUSAS	DESCRIPCIÓN	RECOMENDACIONES
TIEMPO	La actividad se ejecutó en un mayor tiempo que el planificado A causa de paros y disponibilidad de materiales.	Plan de contingencia de tiempos tardíos por disponibilidad de materiales y riesgos de tiempo de paros.
MANO DE OBRA	A raíz de la variación en el tiempo se tiene cambio en las cuadrillas para alcanzar los reajustes de rendimiento.	Control de rendimientos y productividad en ejecución y reajustar si es necesario.
MATERIALES	A raíz de la variación en el tiempo se tiene cambio en los precios de los agregados por el aumento del valor directamente proporcional al tiempo	Se recomienda tener en cuenta para la variación de tiempos en el estudio de mercado

Fuente: Autor, 2020

4.4.5 Viga aérea en concreto 3.000 PSI 0,30 x 0,30.

Para esta actividad el costo planificado estuvo por encima del ejecutado como se puede ver en la figura 23, se refleja una diferencia grande entre uno y el otro; el valor ejecutado quedó muy por debajo de la curva de la curva de probabilidades del cumplimiento de los costos dejando así un costo muy optimista por debajo del (P10); en cuanto al costo planificado estuvo en un 24,81% de probabilidad respecto a las proyecciones, dejando un costo muy cercano al optimista (P10). Para este caso en particular la drástica diferencia en el costo se debió a un sobre cálculo de cantidades, solo se recomendó tener un recalcu en las cantidades para evitar sobre costos en la

planificación, ya que en muchas licitaciones puede ser ventajoso tener un costo mínimo, pero teniendo una buena proyección y planificación de los mismos.

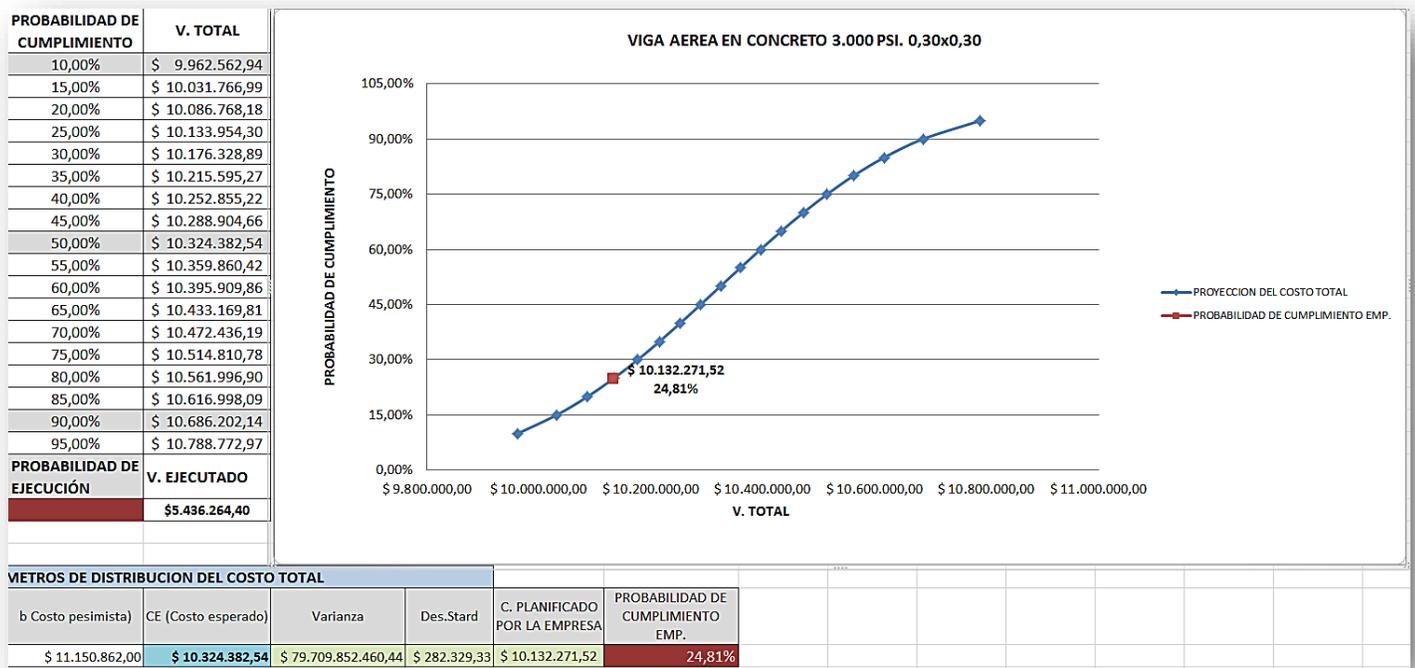


Figura 23. Curva de probabilidad de cumplimiento de los costos viga aérea en concreto 3.000 PSI, 0,30 x 0,30. Autor, 2020

4.4.6 Muro estructural en bloque estructural concreto Split color 15x19x39- relleno con concreto 3.000psi-refuerzo 5.4kg/m2-mortero de pega 1.4.

Para el muro estructural se tiene un costo ejecutado por encima del planificado, como se puede apreciar en la figura 24, donde el costo ejecutado estuvo en el 33% dentro de las probabilidades y el costo planificado estuvo en un 25,21% muy cercano, pero se deben controlar los desperdicios al momento de la ejecución que es el mayor problema en estos casos para evitar esos pequeños sobre costos sobre las actividades.

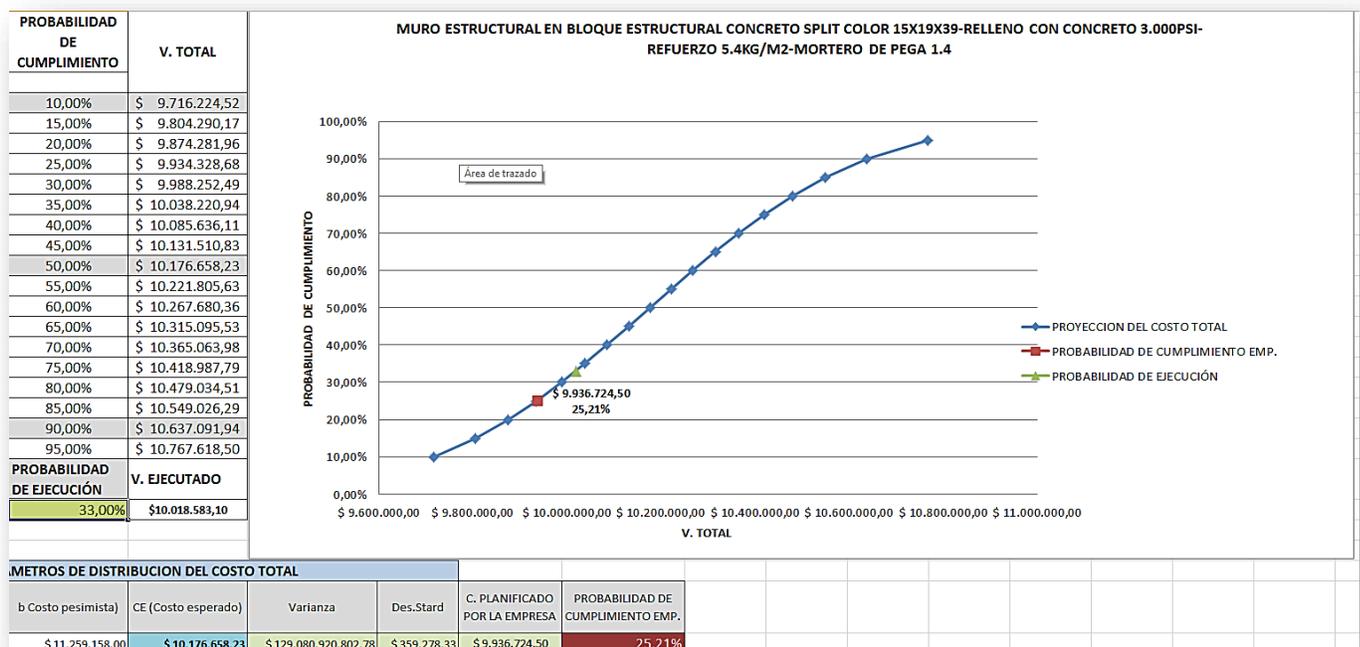


Figura 24. Curva de probabilidad de cumplimiento de los costos muro estructural en bloque estructural concreto Split color 15x19x39-relleno con concreto 3.000psi-refuerzo 5.4kg/m2-mortero de pega 1.4. Autor, 2020

4.4.7 Viga de amarre en concreto 3.000 psi, de ,30x,30

Como se puede apreciar en la figura 25, el valor ejecutado sobre pasa al planificado teniendo un valor de \$13.076.387,83 en miles de pesos, con respecto al valor planificado que fue \$9.335.640,21 en miles de pesos con el que alcanza una probabilidad del 30,13% ameritando así un plan de mejora para los costos.

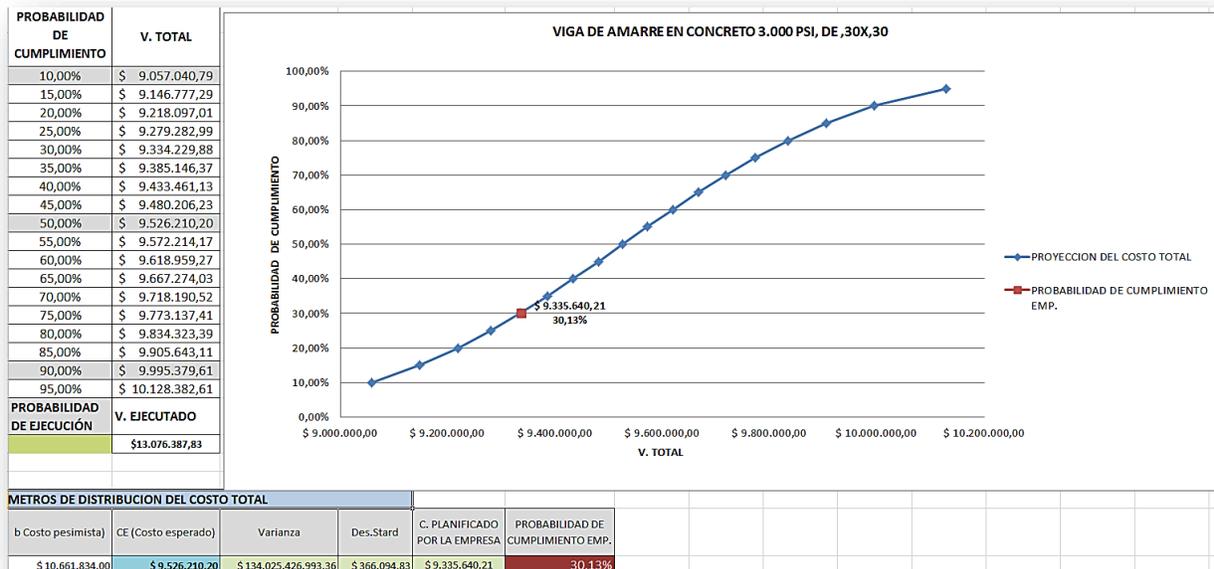


Figura 25 Curva de probabilidad de cumplimiento de los costos viga de amarre en concreto 3.000 psi, de ,30x,30. Autor, 2020.

Como se puede apreciar en la figura 26, se muestra las diferentes causas al efecto del no cumplimiento del costo planificado como lo son: cantidades, tiempo, mano de obra, y materiales. Como causa central se tienen las cantidades de obra que generan que las demás causas se distorsionen de igual maneras ya que al tener erros en el cálculo, se necesita ampliar las cuadrillas, mejorar rendimientos y falta de material.

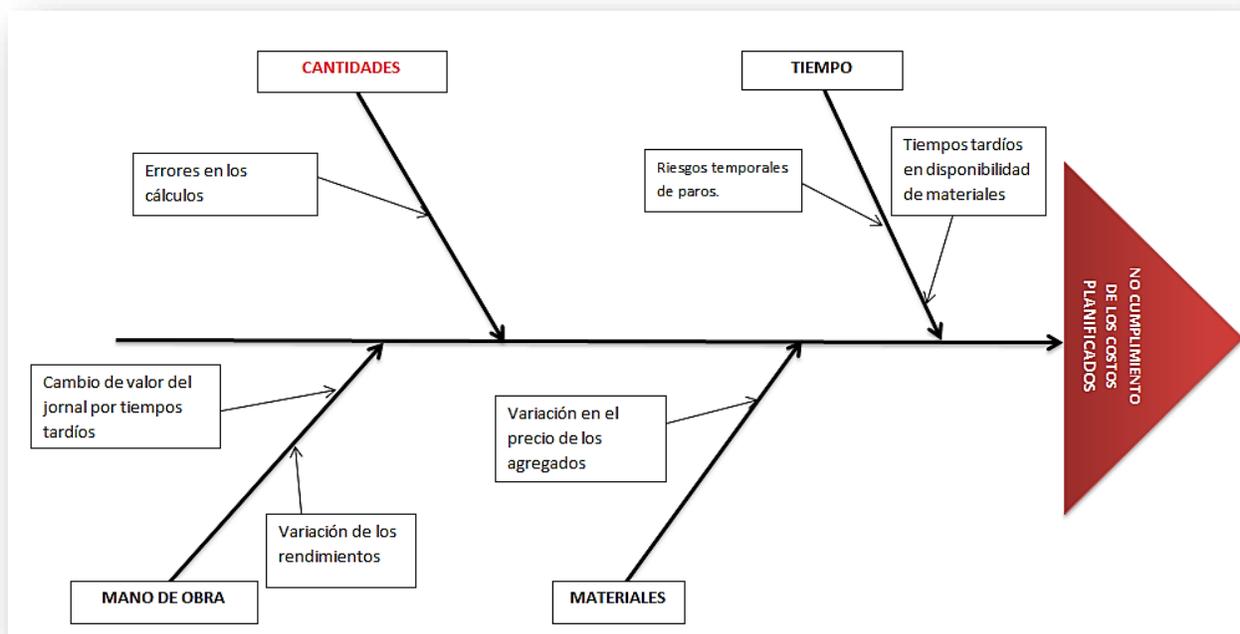


Figura 26. Diagrama de Ishikawa viga de amarre en concreto 3.000 psi, de ,30x,30.
Autor, 2020

4.4.7.1 Plan de mejoras

Como se puede apreciar en la tabla 7, se dan recomendaciones por cada causa quienes evitan el efecto del no cumplimiento de los costos y con ello los mismos problemas en proyectos a futuro. Como manera de recomendación en la planificación se debe tener un recalcu de cantidades antes de presupuestar, se debe tener un plan de contingencia para tiempos tardíos para mitigar un poco el impacto de las cantidades.

Tabla 7

Plan de mejoras viga de amarre en concreto 3.000 psi, de ,30x,30

VIGA DE AMARRE EN CONCRETO 3.000 PSI, DE ,30X,30		
CAUSAS	DESCRIPCIÓN	RECOMENDACIONES
CANTIDADES	Los malos resultados se debieron a los errores en las hojas de cálculo de la actividad.	Recalcu de cantidades, verificando medidas de los planos para buscar errores en las hojas de cálculo.
TIEMPO	A consecuencia del mal cálculo de cantidades se incrementa el tiempo.	Se debe hacer un plan de contingencia para tiempos tardíos.
MANO DE OBRA	A consecuencia del mal cálculo de cantidades se incrementaron las cuadrillas para ajustar rendimientos.	Control de rendimientos y productividad en ejecución y reajustar si es necesario.
MATERIALES	A causa de los contratiempos los precios de los agregaron variaron.	Contemplar en el estudio de mercado esas proyecciones de los precios con el plan de contingencia de los tiempos.

Fuente: Autor, 2020

4.4.8 Instalación de correa en perfil PHR-c 120x60 cal. 14-2mm-incl. Aplicación de anticorrosivo y acabado en esmalte y cortes de estructura según diseño.

La ejecución de esta actividad estuvo muy por debajo del valor planificado, estando aun así por debajo del costo optimista (P10) como se aprecia en la figura 27. El costo planificado por la empresa alcanzo una probabilidad del 98,74% superando el costo pesimista (P90). a pesar de que la actividad se ejecutó un 100% con el valor planificado la drástica diferencia en el costo se debió a un sobre cálculo de cantidades, solo se recomendó tener un recalcu en las mismas para evitar sobre costos al presupuestar, ya que en muchas licitaciones puede ser ventajoso tener un costo mínimo, pero teniendo una buena proyección y planificación de los mismos.

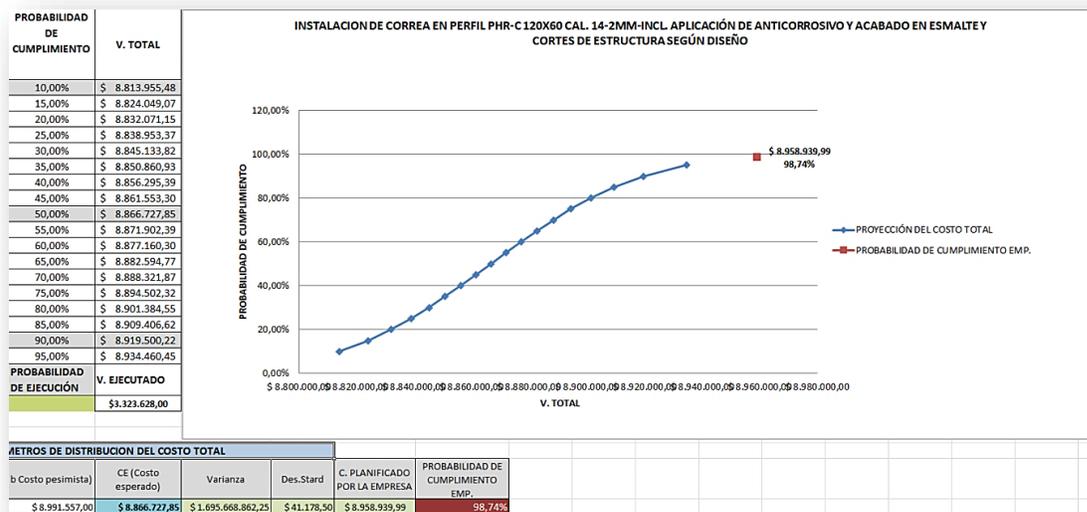


Figura 27. Curva de probabilidad de cumplimiento de los costos Instalación de correa en perfil PHR-c 120x60 cal. 14-2mm-incl. Aplicación de anticorrosivo y acabado en esmalte y cortes de estructura según diseño. Autor, 2020

4.4.9 Retiros de escombros y material sobrante.

En esta actividad tenemos el costo ejecutado por encima del planificado como se puede apreciar en la figura 28 con un valor de \$13.591.258,08 en miles de pesos que sobre pasa el rango de la curva de probabilidad de cumplimiento de los costos, El costo planificado \$ 8.455.588,80 alcanza una probabilidad del 61,31% muy cerca al (P50), al tener estos resultados se necesita hacer un plan de mejora con el fin de evitar estos problemas en proyectos futuros.

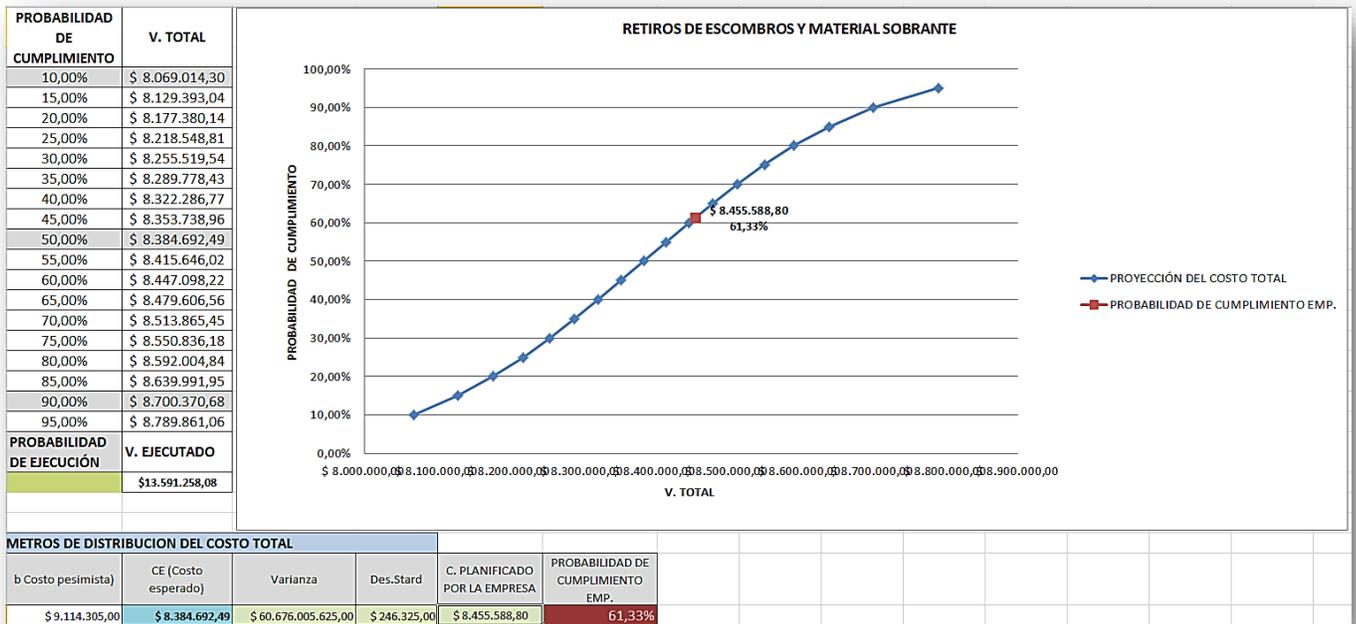


Figura 28. Curva de probabilidad de cumplimiento de los costos Retiros de escombros y material sobrante. Autor, 2020

Con el fin de mejorar las proyecciones y su control en ejecución se tienen en cuenta las causas del NO cumplimiento de los costos planificados tales como: cantidades, tiempo, control de equipos como se puede ver en la figura 29.

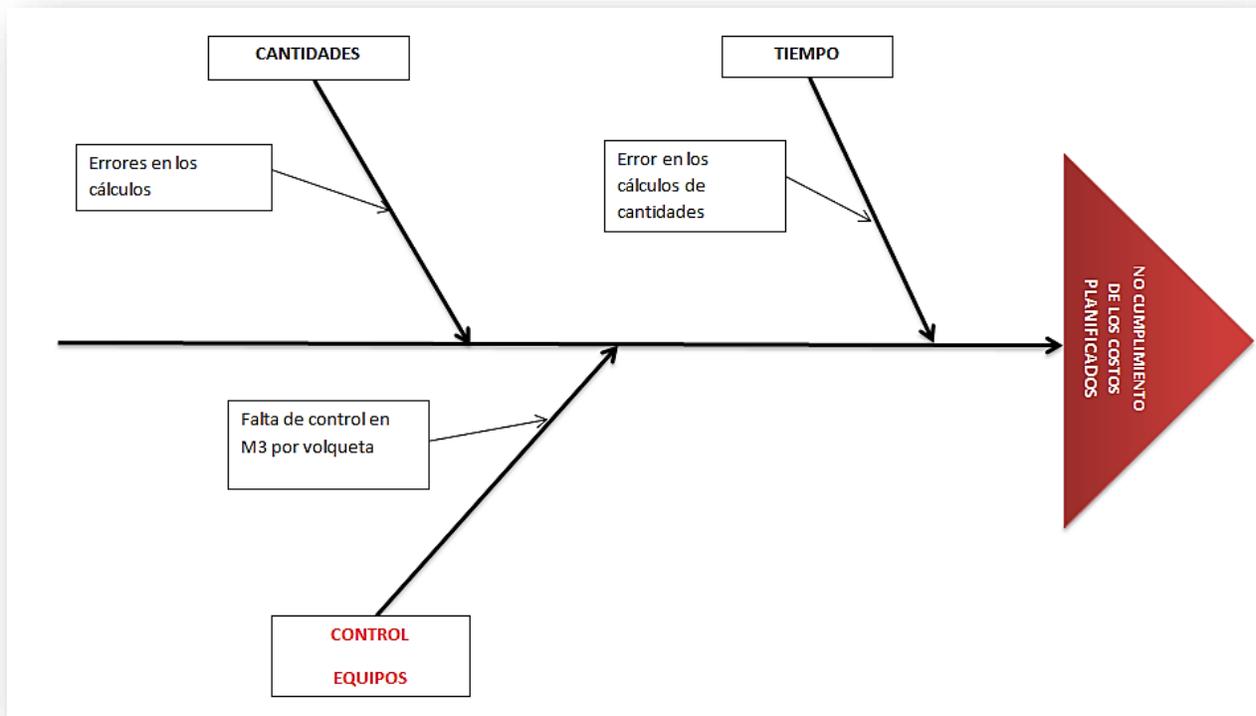


Figura 29. Diagrama de Ishikawa retiros de escombros y material sobrante. Autor, 2020

4.4.9.1 Plan de mejoras.

Como se puede apreciar en la tabla 8, se dan recomendaciones por cada causa quienes evitan el efecto del no cumplimiento de los costos y con ello los mismos problemas en proyectos a futuro.

Tabla 8

Plan de mejoras Retiros de escombros y material sobrante.

RETIROS DE ESCOMBROS Y MATERIAL SOBRANTE.		
CAUSAS	DESCRIPCIÓN	RECOMENDACIONES
CANTIDADES	Los malos resultados se debieron a los errores en las cantidades de los escombros.	Como recomendación se debe tener un control de la cantidad de material por volqueta al momento de retirar los escombros para evitar más tiempo y más cantidades de lo planificado.
TIEMPO	A consecuencia del mal cálculo de cantidades se incrementa el tiempo de uso de los equipos.	Hacer un estudio de cola, para calcular las volquetas necesarias para retirar el material con los rendimientos y mejorar el tiempo.
CONTROL DE EQUIPOS	A causa de los contratiempos los precios de los agregaron variaron.	Contemplar en el estudio de mercado esas proyecciones de los precios con el plan de contingencia de los tiempos.

Fuente: Autor, 2020

4.4.10 Piso en cerámica Duropiso .30x.30 de primera calidad, alto tráfico tipo corona o similar.

En esta actividad el costo ejecutado volvió a superar al planificado como se puede ver en la figura 30, con un valor de \$8.187.915,00 en miles de pesos estando en una probabilidad del 27,34% dentro de la curva; en cuanto al costo planificado se ubicó en 13,56% con un valor de \$ 7.996. 620,00 en miles de pesos, acercándose ambos a el costo

optimista (P10) aunque no estuvo muy por encima se deben tener algunas consideraciones como tener un control más en los desperdicios en obra.

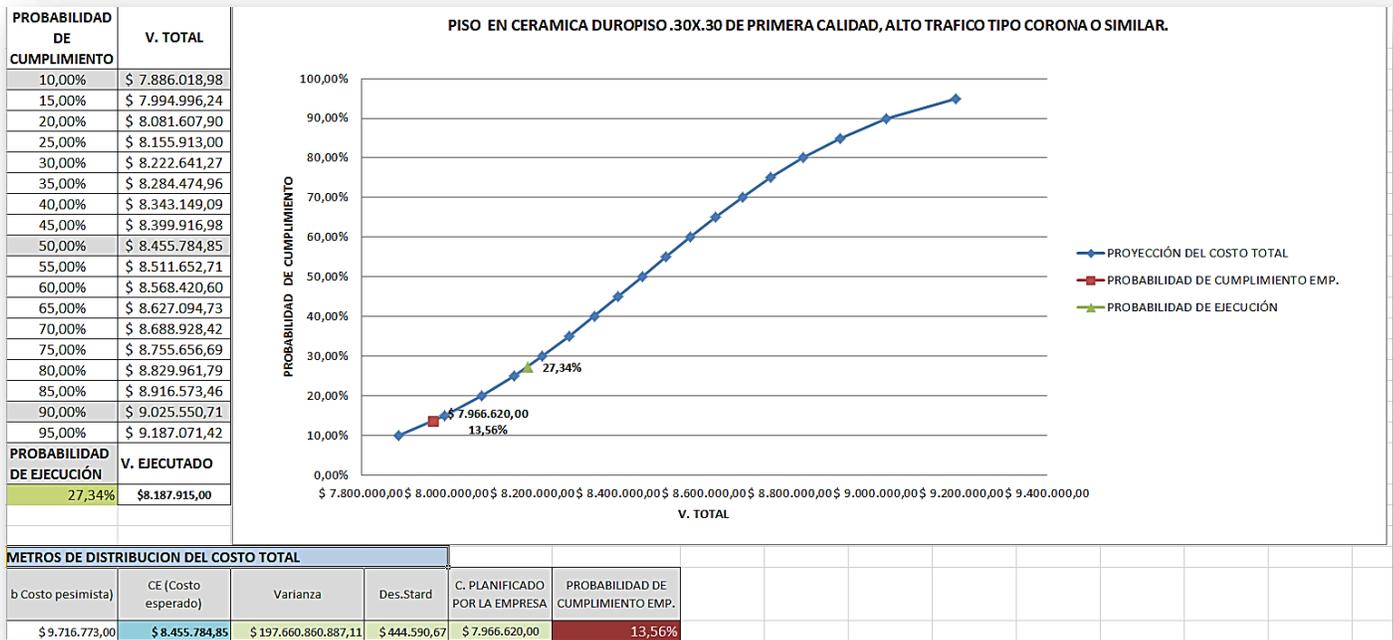


Figura 30 Curva de probabilidad de cumplimiento de los costos, piso en cerámica Duropiso .30x.30 de primera calidad, alto tráfico tipo corona o similar. Autor, 2020

4.4.11 Instalación de cubierta en láminas termoacústica a color, incluye instalación de tensores, tornillos.

Como se puede ver en la figura 31 el costo planificado y el ejecutado estuvieron en la misma probabilidad del 41,10% dentro de la curva y con un valor de \$7.934.692,90 en miles de pesos muy cerca al costo esperado (P50), cumpliendo así con un con las expectativas para la actividad.

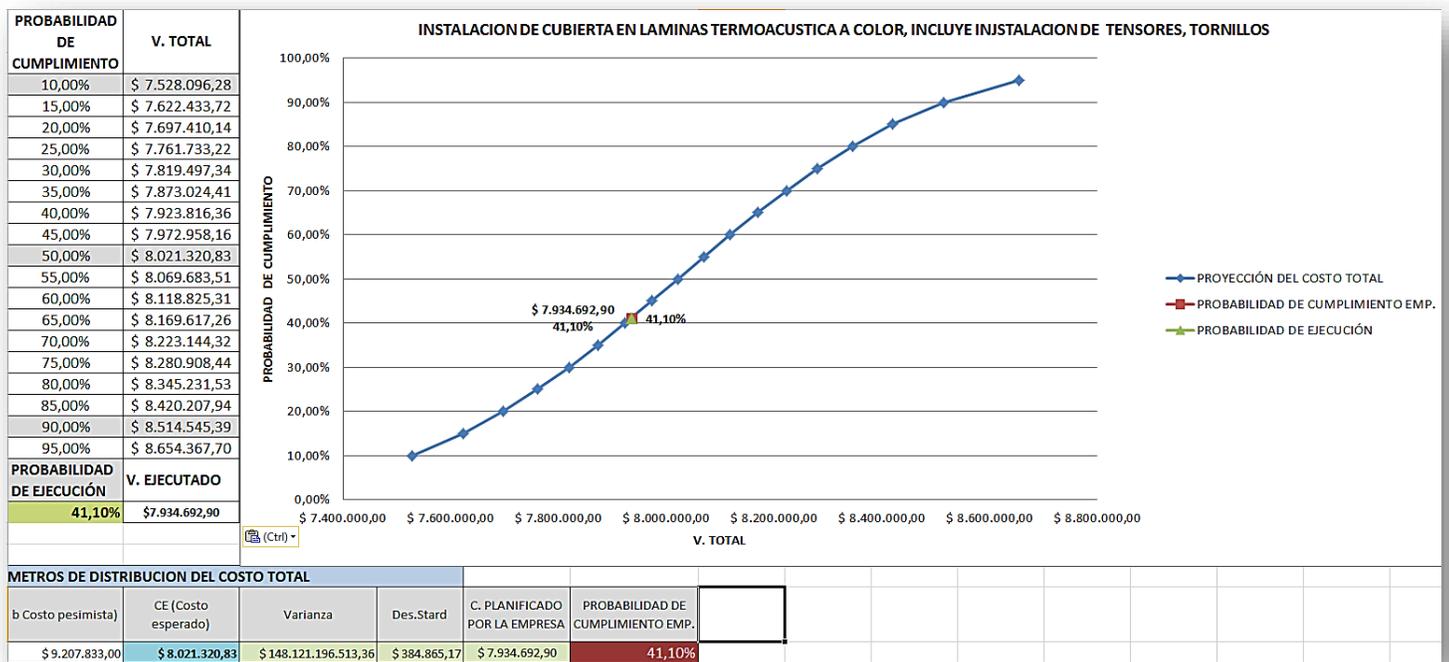


Figura 31. Curva de probabilidad de cumplimiento de los costos, Instalación de cubierta en láminas termoacústica a color, incluye instalación de tensores, tornillos. Autor, 2020

4.4.12 Instalación de cercha de 3"x2" según diseño cal. 14 mm-incl. Aplicación de anticorrosivo y acabado en esmalte y fabricación de estructura.

Para esta actividad en valor ejecutado quedó muy por debajo del valor planificado saliéndose del rango de la curva de probabilidad de cumplimiento de los costos como se aprecia en la figura 32 y aun así muy alejado del costo esperado (P50) al cual se acercó el costo planificado por la empresa con un 47,02%. La actividad se ejecutó 100% con el valor planificado; sin embargo, se recomendó tener un recalcu lo en las mismo para evitar sobre costos al presupuestar, ya que en muchas licitaciones puede ser ventajoso tener un costo mínimo, pero teniendo una buena proyección y planificación de los mismos.

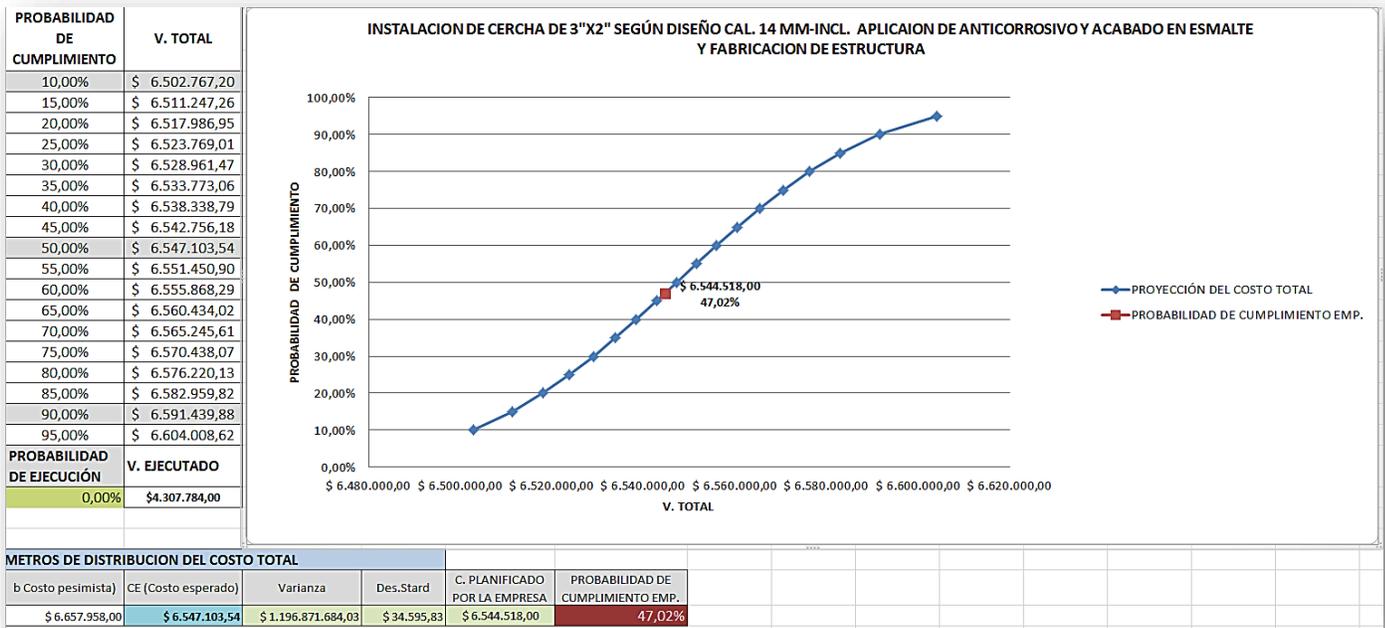


Figura 32 Curva de probabilidad de cumplimiento de los costos, Instalación de cercha de 3"x2" según diseño cal. 14 mm-incl. Aplicación de anticorrosivo y acabado en esmalte y fabricación de estructura. Autor, 2020

4.4.13 Zapata en concreto de 3.000 psi.

En esta actividad el costo planificado estuvo por encima del ejecutado con 34,90% dentro de las curvas acercándose al (P50) como se puede apreciar en la figura 33, mientras que el costo ejecutado estuvo muy por debajo del rango de la curva de probabilidad de cumplimiento de los costos. La actividad se ejecutó 100% con el valor planificado; sin embargo, se recomendó tener un recalcu en las cantidades para evitar sobre costos al presupuestar, ya que en muchas licitaciones puede ser ventajoso tener un costo mínimo, pero teniendo una buena proyección y planificación de los mismos.

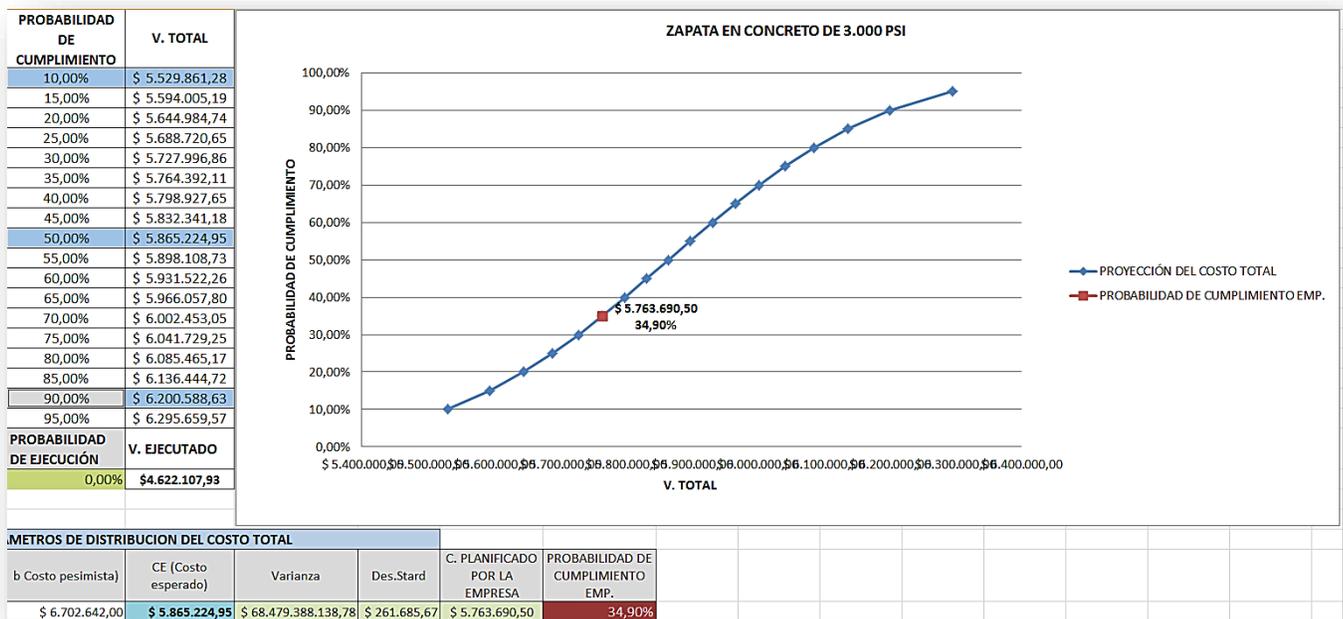


Figura 33 Curva de probabilidad de cumplimiento de los costos, zapata en concreto de 3.000 psi. Autor, 2020

4.4.14 Piso en granito fundido incl. Pulida-mortero 1:4.

En esta actividad el costo planificado estuvo por encima del ejecutado con 15,09% dentro de las curvas acercándose al (P10) como se puede apreciar en la figura 34, mientras que el costo ejecutado en un 11,77% en la curva de probabilidad de cumplimiento de los costos. La actividad se ejecutó 100% con el valor planificado; sin embargo, se recomendó tener un recalcu en las cantidades para evitar sobre costos al presupuestar, ya que en muchas licitaciones puede ser ventajoso tener un costo mínimo, pero teniendo una buena proyección y planificación de los mismos.

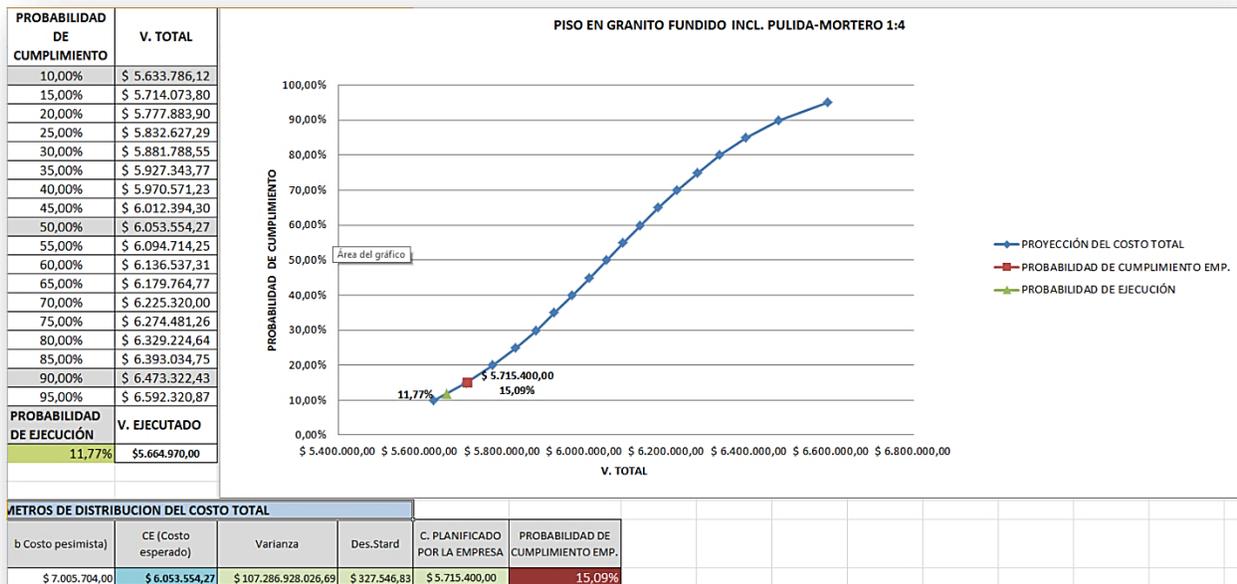


Figura 34. Curva de probabilidad de cumplimiento de los costos, piso en granito fundido incl. Pulida-mortero 1:4. Autor, 2020

4.4.15 Baranda en \varnothing 1 1/2" + 4 un tubo horizontal de 1 1/2" en tubo galvanizado agua 1 1/2" - 3mm, refuerzo vertical en ángulo doble de 2 x 1/8" cada 1,50 - acabado en esmalte-h= 1.10.

Como se puede ver en la figura 35 el costo planificado y el ejecutado estuvieron en la misma probabilidad del 0,64% por fuera del rango mínimo de la curva (P10) y con un valor de \$5.513.202,00 en miles de pesos, cumpliendo así con las expectativas para la actividad, sin embargo, se debe tener en cuenta los rendimientos de la cuadrilla y reajustar si es necesario.

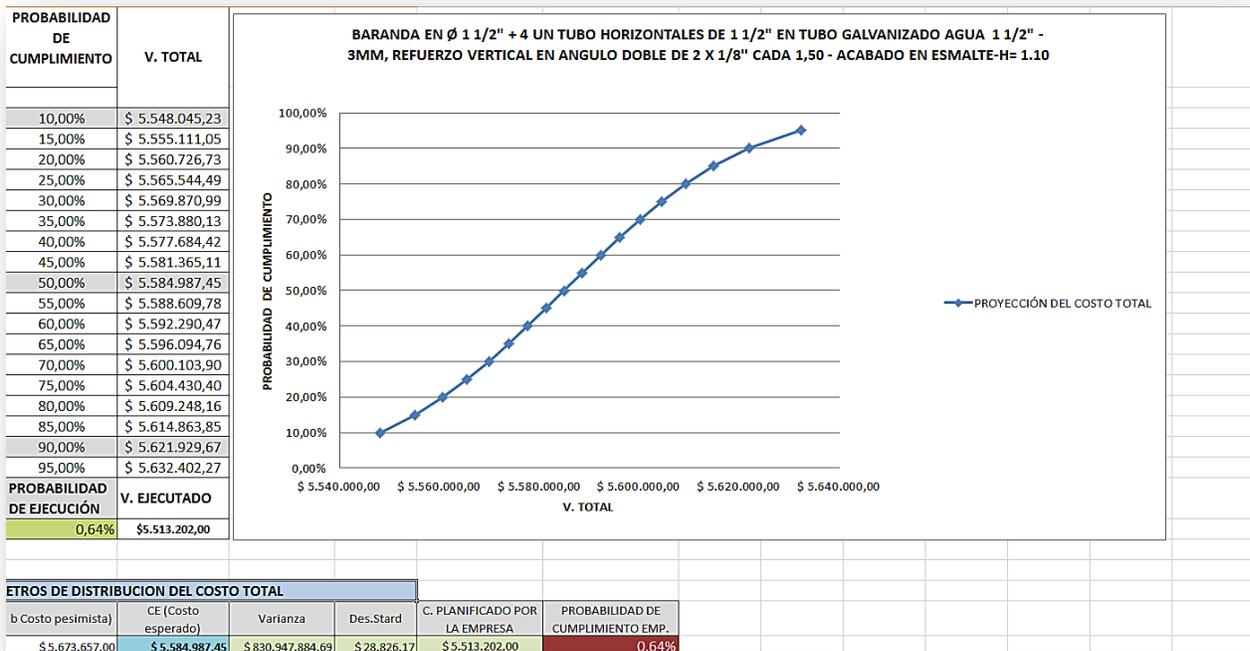


Figura 35 Curva de probabilidad de cumplimiento de los costos, Baranda en \varnothing 1 1/2" + 4 un tubo horizontal de 1 1/2" en tubo galvanizado agua 1 1/2" - 3mm, refuerzo vertical en ángulo doble de 2 x 1/8" cada 1,50 - acabado en esmalte-h= 1.10. Autor, 2020

4.4.16 Ciclópeos 60% concreto 1:2.3 y 40% piedra.

En esta actividad el costo planificado estuvo por encima del ejecutado con 71,12% dentro de las curvas acercándose al (P90) como se puede apreciar en la figura 36, mientras que el costo ejecutado estuvo muy por debajo del rango mínimo (P10) en la curva de probabilidad de cumplimiento de los costos. La actividad se ejecutó 100% con el valor planificado; sin embargo, se recomendó tener un recalcu en las cantidades para evitar sobre costos al presupuestar, ya que en muchas licitaciones puede ser ventajoso tener un costo mínimo, pero teniendo una buena proyección y planificación de los mismos.

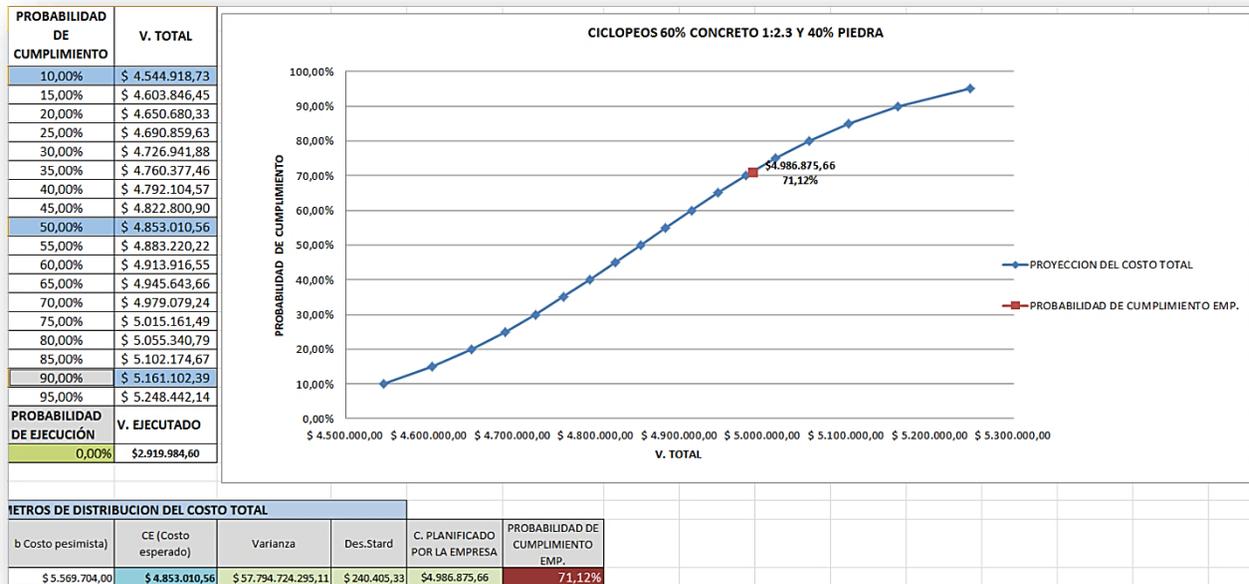


Figura 36. Curva de probabilidad de cumplimiento de los costos, ciclópeos 60% concreto 1:2.3 y 40% piedra. Autor, 2020.

4.4.17 Viga sobre muros en concreto 3.000 psi. 0,20x0,25.

En esta actividad el costo planificado estuvo por encima del ejecutado con 30,67% dentro de las curvas estando centrado dentro del (P10) y (P50) como se puede apreciar en la figura 37, mientras que el costo ejecutado estuvo muy por debajo del rango mínimo (P10) en la curva de probabilidad de cumplimiento de los costos. La actividad se ejecutó 100% con el valor planificado; sin embargo, se recomendó tener un recalcu en las cantidades para evitar sobre costos al presupuestar, ya que en muchas licitaciones puede ser ventajoso tener un costo mínimo, pero teniendo una buena proyección y planificación de los mismos.

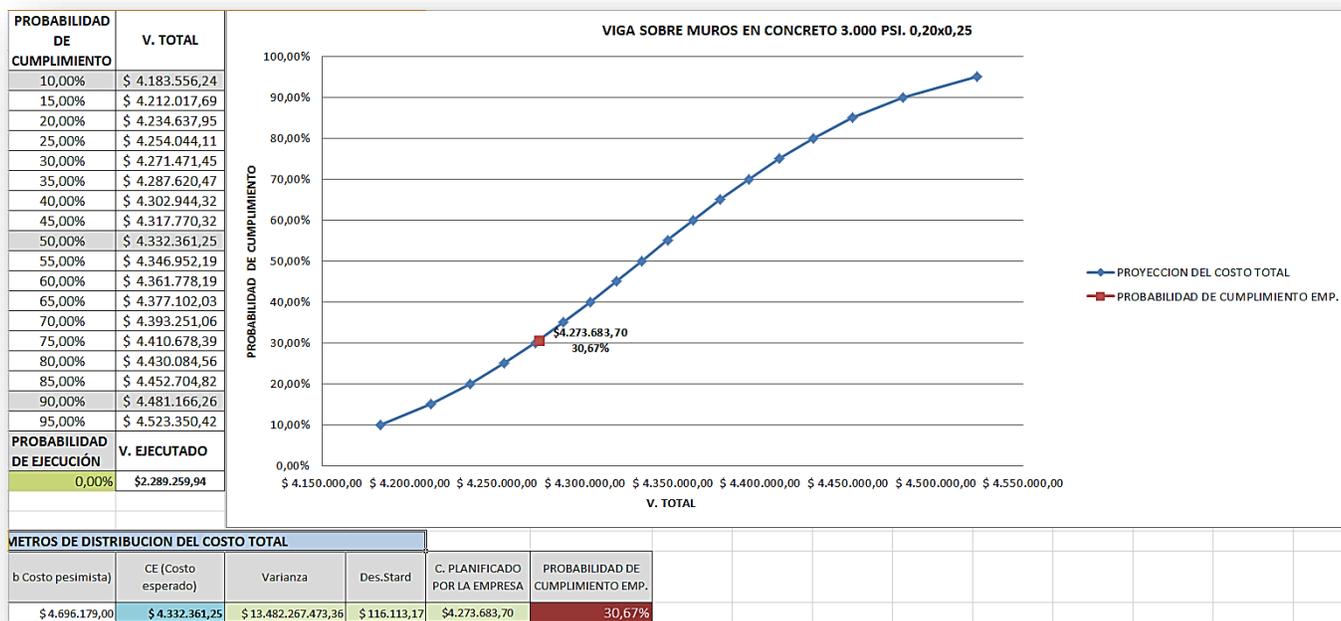


Figura 37. Curva de probabilidad de cumplimiento de los costos, viga sobre muros en concreto 3.000 psi. 0,20x0,25. Autor, 2020

4.4.18 Zócalo media caña en granito pulido 7.5 cm.

En esta actividad el costo planificado estuvo por encima del ejecutado 17,49% dentro de las curvas estando cerca del costo optimista (P10) como se puede apreciar en la figura 38, mientras que el costo ejecutado estuvo muy por debajo del rango mínimo (P10) en la curva de probabilidad de cumplimiento de los costos. La actividad se ejecutó 100% con el valor planificado; sin embargo, se recomendó tener un recalcu lo en las cantidades para evitar sobre costos al presupuestar, ya que en muchas licitaciones puede ser ventajoso tener un costo mínimo, pero teniendo una buena proyección y planificación de los mismos.

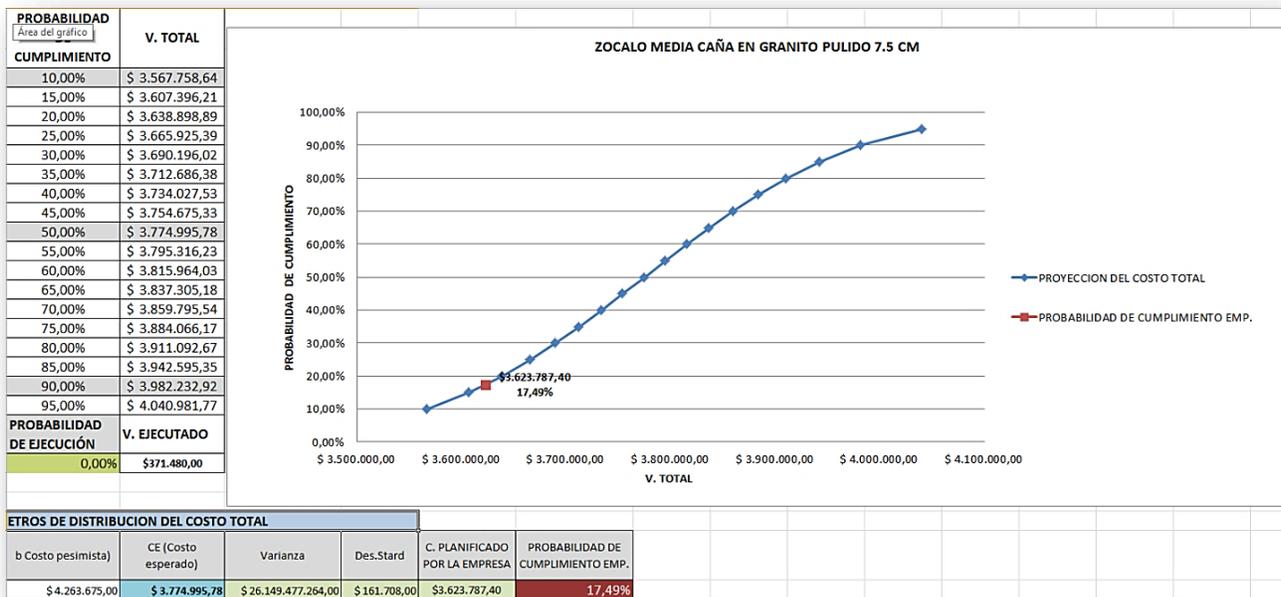


Figura 38. Curva de probabilidad de cumplimiento de los costos, zócalo media caña en granito pulido 7.5 cm. Autor, 2020

4.4.19 Puertas - divisiones baños lamina cal. 18, incl. Anticorrosivo y acabado en esmalte, instalada.

Como se puede ver en la figura 39 el costo planificado y el ejecutado estuvieron en la misma probabilidad del 0.47%, aunque está por debajo del valor mínimo (P10) y con un valor de \$3.609.971,04 en miles de pesos terminó cumpliendo así con las expectativas para la actividad.

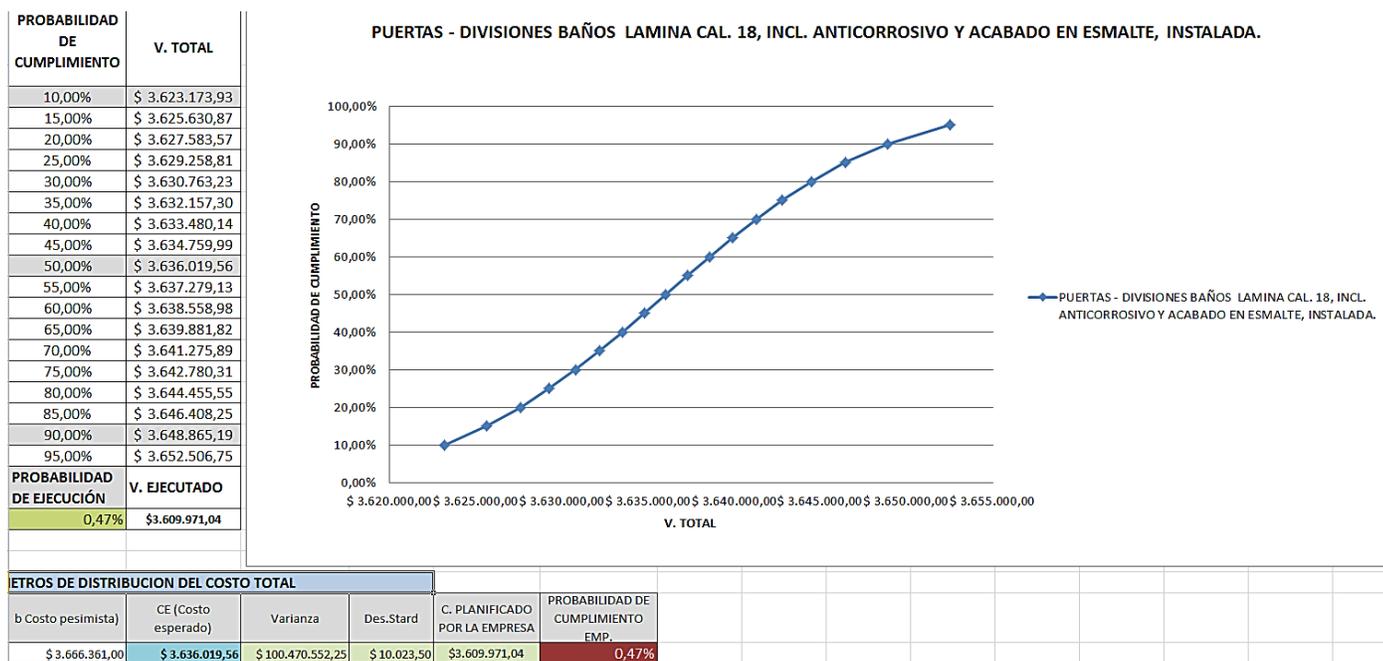


Figura 39. Curva de probabilidad de cumplimiento de los costos, Puertas - divisiones baños lamina cal. 18, incl. Anticorrosivo y acabado en esmalte, instalada. Autor, 2020

4.4.20 Muro de .15 de espesor en bloque de cemento Split color 0.15x0.19x0.39- mortero de pega 1.4-a la vista por una cara y ranurado.

Como se puede apreciar en la figura 40, el valor ejecutado sobre pasa al planificado teniendo un valor de \$4.034.440,00 en miles de pesos, con respecto al valor planificado que fue \$3.607.264,00 en miles de pesos con el que alcanza una probabilidad del 19.95% y cerca al costo optimista (P10), ameritando así un plan de mejora para los costos.

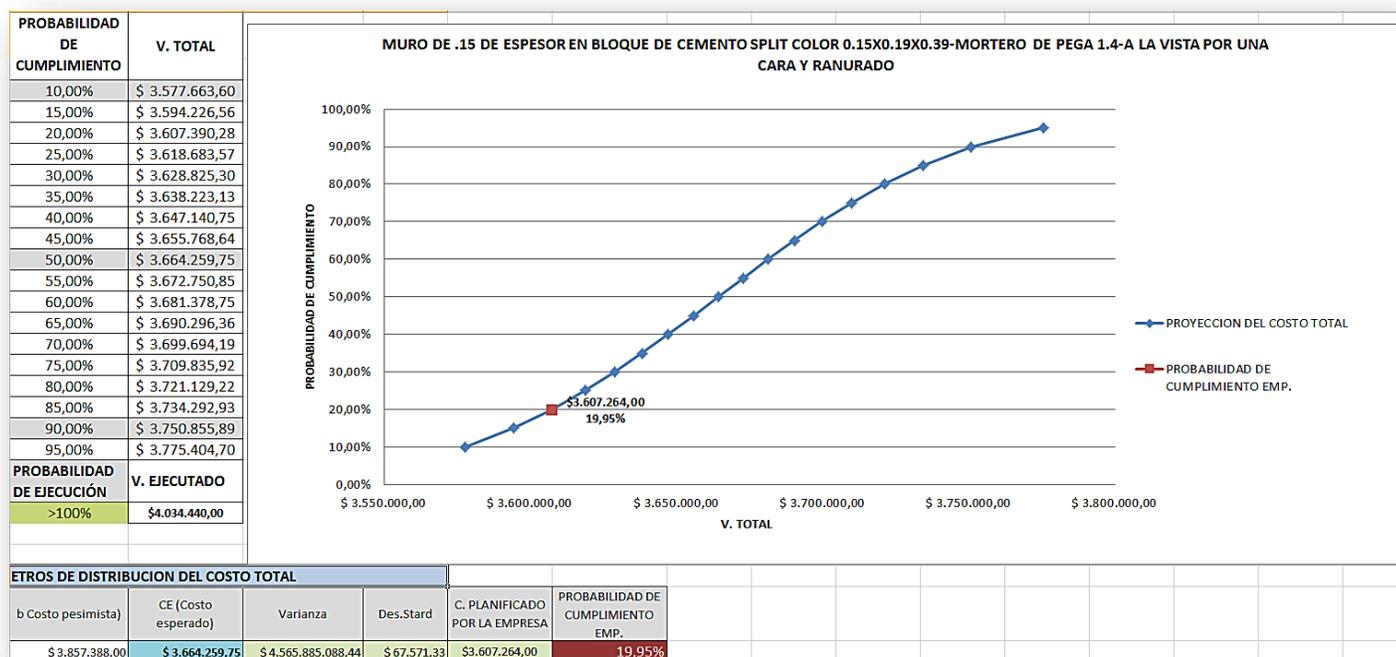


Figura 40. Curva de probabilidad de cumplimiento de los costos, muro de .15 de espesor en bloque de cemento Split color 0.15x0.19x0.39-mortero de pega 1.4-a la vista por una cara y ranurado. Autor, 2020

Con el fin de mejorar las proyecciones y su control en ejecución se tienen en cuenta las causas del NO cumplimiento de los costos planificados como se puede apreciar en la figura 41 tales como: materiales, tiempo, mano de obra, y cantidades.

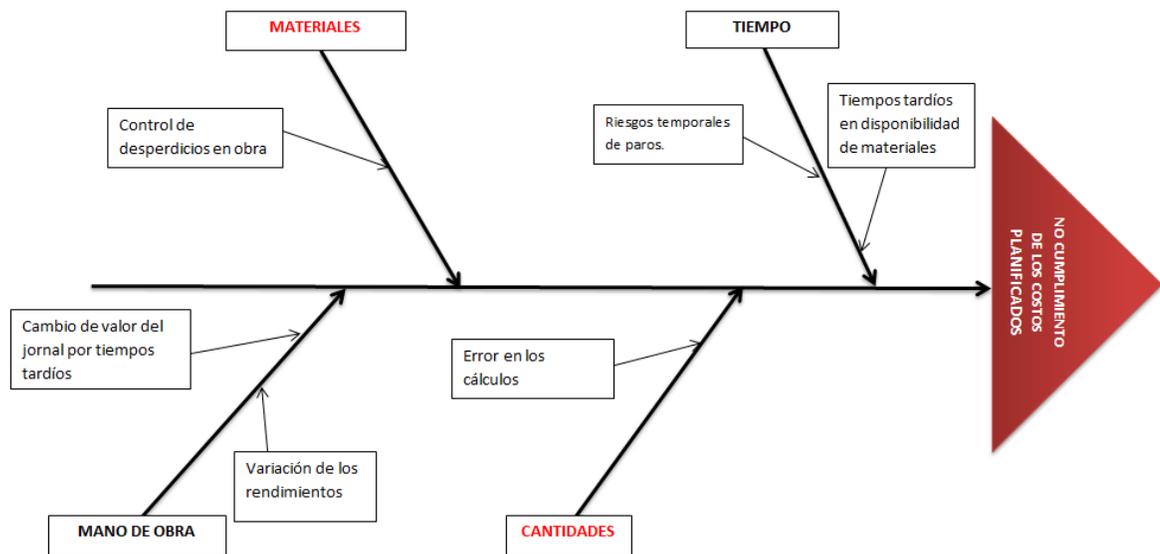


Figura 41. Diagrama de Ishikawa, muro de .15 de espesor en bloque de cemento Split color 0.15x0.19x0.39-mortero de pega 1.4-a la vista por una cara y ranurado. Autor, 2020

4.4.20.1 Plan de mejoras.

Como se puede apreciar en la tabla 9, se dan recomendaciones por cada causa quienes evitan el efecto del no cumplimiento de los costos y con ello los mismos problemas en proyectos a futuro. Se debe hacer un recalcu verificando los planos antes de presupuestar para evitar sobre costos, en materiales, tiempo, mano de obra y demás complicaciones represente.

Tabla 9

Plan de mejoras Muro de .15 de espesor en bloque de cemento Split color 0.15x0.19x0.39-mortero de pega 1.4-a la vista por una cara y ranurado.

MURO DE .15 DE ESPESOR EN BLOQUE DE CEMENTO <u>S</u>PLIT COLOR 0.15X0.19X0.39-MORTERO DE PEGA 1.4-A LA VISTA POR UNA CARA Y RANURADO.		
CAUSAS	DESCRIPCIÓN	RECOMENDACIONES
CANTIDADES	Los malos resultados se debieron a los errores en las hojas de cálculo.	Recalculo de cantidades, verificando medidas de los planos para buscar errores en las hojas de cálculo.
TIEMPO	A consecuencia del mal cálculo de cantidades se incrementa el tiempo.	Se debe hacer un plan de contingencia para tiempos tardíos.
MANO DE OBRA	A consecuencia del mal cálculo de cantidades se incrementaron las cuadrillas para ajustar rendimientos y el jornal varió por los tiempos tardíos.	Control de rendimientos y productividad en ejecución y reajustar si es necesario, contemplar en el plan de contingencia los sobrecostos por tiempos tardíos y paros.
MATERIALES	Se necesitó más mortero de pega por metro cuadrado	Como recomendación se debe tener un control en los desperdicios en el mortero de pega, y el espesor de pega.

Fuente: Autor, 2020

4.4.21 Corte de árbol porte medio sacado de raíz, hasta .80 mt de diámetro, incl.

Retiro al botadero oficial.

Como se puede ver en la figura 42 el costo planificado y el ejecutado estuvieron en la misma probabilidad del 32,63% dentro de la curva y con un valor de \$ 3.531.114,00 en miles de pesos muy cerca al costo esperado (P50), cumpliendo así con un con las expectativas para la actividad.

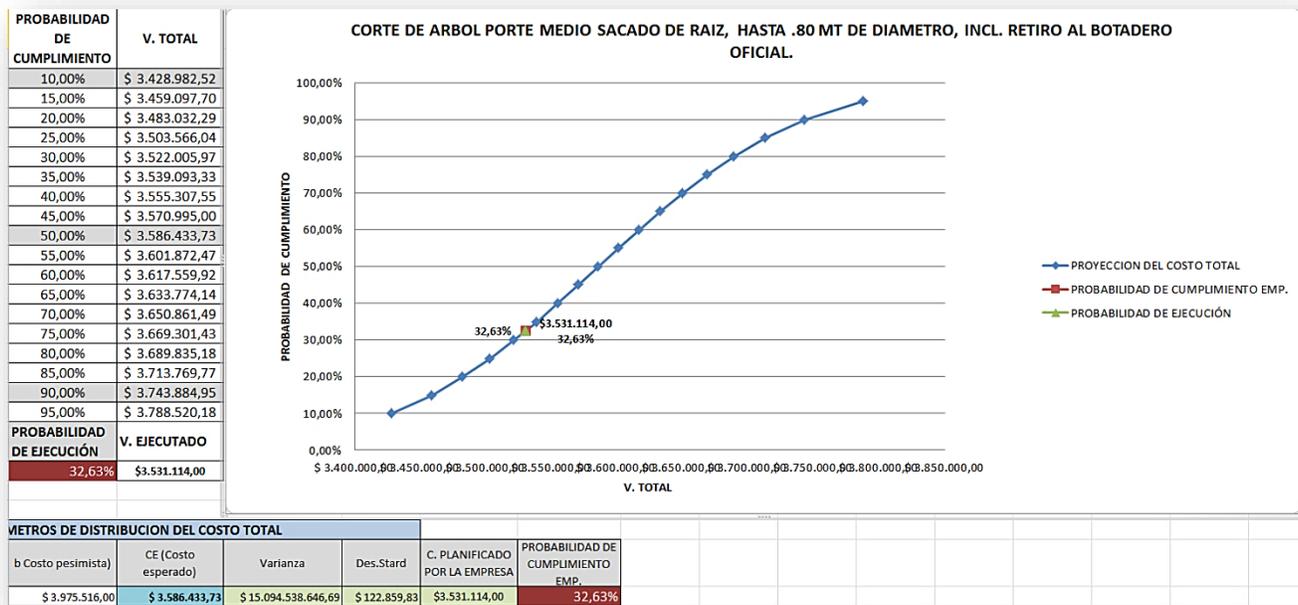


Figura 42. Curva de probabilidad de cumplimiento de los costos, corte de árbol porte medio sacado de raíz, hasta .80 mt de diámetro, incl. Retiro al botadero oficial. Autor, 2020

4.4.22 Análisis de cuadro de línea crítica en el NO cumplimiento de los costos.

DESCRIPCION	CAUSAS DEL NO CUMPLIMIENTO DE LOS COSTOS						CUMPLIMIENTO DEL COSTO
	CANTIDADES	MANO DE OBRA	TIEMPOS TARDIOS	ALCANCE	MATERIALES	CONTROL DE EQUIPOS	
SUMINISTRO, EXTENDIDO Y COMPACTACION DE RELLENO SELECCIONADO	X	X	X	X			
ACERO DE REFUERZO PDR DE 60.000 PSI	X	X	X	X			
PLANTILLA EN CONCRETO 3.000 PSI-EXP. 0.07 MT.		X					
COLUMNAS EN CONCRETO 3.000 PSI.		X	X		X		
VIGA AEREA EN CONCRETO 3.000 PSI. 0,30x0,30							X
MURO ESTRUCTURAL EN BLOQUE ESTRUCTURAL CONCRETO SPLIT COLOR 15X19X39-RELLENO CON CONCRETO 3.000PSI-REFUERZO 5.4KG/M2-MORTERO DE PEGA 1.4					X		
VIGA DE AMARRE EN CONCRETO 3.000 PSI, DE ,30X,30	X	X	X		X		
INSTALACION DE CORREA EN PERFIL PHR-C 120X60 CAL. 14-2MM-INCL. APLICACION DE ANTICORROSIVO Y ACABADO EN ESMALTE Y CORTES DE ESTRUCTURA SEGÚN DISEÑO							X
RETIROS DE ESCOMBROS Y MATERIAL SOBRANTE	X		X			X	
PISO EN CERAMICA DUROPISO .30X.30 DE PRIMERA CALIDAD, ALTO TRAFICO TIPO CORONA O SIMILAR.					X		
INSTALACION DE CUBIERTA EN LAMINAS TERMOACUSTICA A COLOR, INCLUYE INSTALACION DE TENSORES, TORNILLOS							X
INSTALACION DE CERCHA DE 3"X2" SEGÚN DISEÑO CAL. 14 MM-INCL. APLICACION DE ANTICORROSIVO Y ACABADO EN ESMALTE Y FABRICACION DE ESTRUCTURA							X
ZAPATA EN CONCRETO DE 3.000 PSI							X
PISO EN GRANITO FUNDIDO INCL. PULIDA-MORTERO 1:4							X
BARANDA EN Ø 1 1/2" + 4 UN TUBO HORIZONTALES DE 1 1/2" EN TUBO GALVANIZADO AGUA 1 1/2" - 3MM, REFUERZO VERTICAL EN ANGULO DOBLE DE 2 X 1/8" CADA 1,50 - ACABADO EN ESMALTE-H= 1.10							X
CICLOPEOS 60% CONCRETO 1:2.3 Y 40% PIEDRA							X
VIGA SOBRE MUROS EN CONCRETO 3.000 PSI. 0,20x0,25							X
ZOCALO MEDIA CAÑA EN GRANITO PULIDO 7.5 CM							X
PUERTAS - DIVISIONES BAÑOS LAMINA CAL. 18, INCL. ANTICORROSIVO Y ACABADO EN ESMALTE, INSTALADA.							X
MURO DE .15 DE ESPESOR EN BLOQUE DE CEMENTO SPLIT COLOR 0.15X0.19X0.39-MORTERO DE PEGA 1.4-A LA VISTA POR UNA CARA Y RANURADO	X	X	X		X		
CORTE DE ARBOL PORTE MEDIO SACADO DE RAIZ, HASTA .80 MT DE DIAMETRO, INCL. RETIRO AL BOTADERO OFICIAL.							X
TOTAL	5	6	6	2	5	1	11

Figura 43. Cuadro de línea crítica en el NO cumplimiento de los costos. Autor, 2020

Como análisis general de todas las actividades se puede apreciar en la figura 44 con el cuadro de línea crítica en el no cumplimiento de los costos las causas que generan lo anteriormente mencionado; con esto la **mano de obra** y los **tiempos tardíos** son las causas con mayor impacto en las actividades, ya que son actividades que son afectadas

directamente por los erros de cálculo de cantidades, al igual que los materiales utilizados.

Como se ha mencionado en los resultados mostrados anteriormente por cada actividad es recomendable tener un recalculo de cantidades viendo posibles errores en las hojas de cálculo o también directamente con los planos arquitectónicos, estructurales y demás.

Un control más estricto en obra es muy importante en los rendimientos, desperdicios son también pieza clave para tener en consideración en proyectos futuros, todas estas causas son referenciadas gracias a la estadística aplicada en los costos y la probabilidad de cumplimiento en los mismos.

Todos los costos ejecutados por la empresa, se encuentran comprendidos en el

APÉNDICE B.

Como se puede apreciar en la figura 44, se ve un resumen final de todas actividades. En color azul las actividades que cumplieron con los costos planificados con respecto a lo ejecutado, con rojo estuvieron las actividades que superaron por mucho el valor ejecutado respecto al planificado y con naranja las actividades que su costo de ejecución sobre pasaron el planificado pero sus probabilidades fueron muy cercanas y se establecieron ajustes pequeños en un control más estricto para llevarlas al costo optimo o esperado.

Aunque son más las actividades que cumplen, que las que no cumplen; en la suma de los costos directos de las actividades, el ejecutado supero al planificado por la empresa, señalado con flechas verdes en la figura 44; en términos generales no se podría completar al 100% todas actividades y esto conlleva a incertidumbres en la terminación del proyecto, al solicitar adiciones a la alcaldía u cualquier otra entidad y como consecuencia al no tener esta problemática prevista es que hay tantas obras inconclusas en nuestro país.

DESCRIPCION	CE (Costo esperado)	Des.Stard	Costo planificado por la empresa	PROBABILIDAD DE CUMPLIMIENTO	COSTO EJECUTADO	PROBABILIDAD DE EJECUCIÓN	CUMPLE O NO CUMPLE
SUMINISTRO, EXTENDIDO Y COMPACTACION DE RELLENO SELECCIONADO	\$ 75.803.266,31	\$ 4.640.020,83	\$ 65.969.758,40	1,70%	\$ 74.115.004,08	35,80%	NO CUMPLE
ACERO DE REFUERZO PDR DE 60.000 PSI	\$ 14.446.429,44	\$ 199.411,00	\$ 13.758.560,80	0,03%	\$ 24.887.796,80	100,00%	NO CUMPLE
PLANTILLA EN CONCRETO 3.000 PSI-EXP. 0.07 MT.	\$ 12.271.544,65	\$ 586.181,33	\$ 12.167.526,30	42,96%	\$ 12.526.500,00	66,82%	NO CUMPLE
COLUMNAS EN CONCRETO 3.000 PSI.	\$ 12.163.780,62	\$ 400.062,50	\$ 11.856.466,33	22,12%	\$ 12.258.531,88	59,36%	NO CUMPLE
VIGA AEREA EN CONCRETO 3.000 PSI. 0,30x0,30	\$ 9.526.210,20	\$ 282.329,33	\$ 10.132.271,52	98,41%	\$ 5.436.264,40	0,00%	CUMPLE
MURO ESTRUCTURAL EN BLOQUE ESTRUCTURAL CONCRETO SPLIT COLOR 15X19X39 RELLENO CON CONCRETO 3.000PSI-REFUERZO 5.4KG/M2-MORTERO DE PEGA 1.4	\$ 10.176.658,23	\$ 359.278,33	\$ 9.936.724,50	25,21%	\$ 10.018.583,10	33,00%	NO CUMPLE
VIGA DE AMARRE EN CONCRETO 3.000 PSI, DE ,30X,30	\$ 9.526.210,20	\$ 366.094,83	\$ 9.335.640,21	30,13%	\$ 13.076.387,83	100,00%	NO CUMPLE
INSTALACION DE CORREA EN PERFIL PHR-C 120X60 CAL. 14-2MM-INCL. APLICACIÓN DE ANTICORROSIVO Y ACABADO EN ESMALTE Y CORTES DE ESTRUCTURA SEGÚN RETIROS DE ESCOMBROS Y MATERIAL SOBRENTE	\$ 8.866.727,85	\$ 41.178,50	\$ 8.958.939,99	98,74%	\$ 3.323.628,00	0,00%	CUMPLE
PISO EN CERAMICA DUROPISO ,30X,30 DE PRIMERA CALIDAD, ALTO TRAFICO TIPO CORONA O SIMILAR.	\$ 8.455.784,85	\$ 444.590,67	\$ 7.966.620,00	13,56%	\$ 8.187.915,00	27,34%	NO CUMPLE
INSTALACION DE CUBIERTA EN LAMINAS TERMOACUSTICA A COLOR, INCLUYE INJSTALACION DE TENSORES, TORNILLOS	\$ 8.021.320,83	\$ 384.865,17	\$ 7.934.692,90	41,10%	\$ 7.934.692,90	41,10%	CUMPLE
INSTALACION DE CERCHA DE 3"x2" SEGÚN DISEÑO CAL. 14 MM-INCL. APLICACION DE ANTICORROSIVO Y ACABADO EN ESMALTE Y FABRICACION DE ESTRUCTURA	\$ 6.547.103,54	\$ 34.595,83	\$ 6.544.518,00	47,02%	\$ 4.307.784,00	0,00%	CUMPLE
ZAPATA EN CONCRETO DE 3.000 PSI	\$ 5.865.224,95	\$ 261.685,67	\$ 5.763.690,50	34,90%	\$ 4.622.107,93	0,00%	CUMPLE
PISO EN GRANITO FUNDIDO INCL. PULIDA-MORTERO 1:4	\$ 6.053.554,27	\$ 327.546,83	\$ 5.715.400,00	15,09%	\$ 5.664.970,00	11,77%	CUMPLE
BARANDA EN Ø 1 1/2" + 4 UN TUBO HORIZONTALES DE 1 1/2" EN TUBO GALVANIZADO AGUA 1 1/2" - 3MM, REFUERZO VERTICAL EN ANGULO DOBLE DE 2 X 1/8" CADA 1,50 - ACABADO EN ESMALTE-H= 1.10	\$ 5.584.987,45	\$ 28.826,17	\$ 5.513.202,00	0,64%	\$ 5.513.202,00	0,64%	CUMPLE
CICLOPEOS 60% CONCRETO 1:2.3 Y 40% PIEDRA	\$ 4.853.010,56	\$ 240.405,33	\$ 4.986.875,66	71,12%	\$ 2.919.984,60	0,00%	CUMPLE
VIGA SOBRE MUROS EN CONCRETO 3.000 PSI. 0,20x0,25	\$ 4.332.361,25	\$ 116.113,17	\$ 4.273.683,70	30,67%	\$ 2.289.259,94	0,00%	CUMPLE
ZOCALO MEDIA CAÑA EN GRANITO PULIDO 7.5 CM	\$ 3.774.995,78	\$ 161.708,00	\$ 3.623.787,40	17,49%	\$ 371.480,00	0,00%	CUMPLE
PUERTAS - DIVISIONES BAÑOS LAMINA CAL. 18, INCL. ANTICORROSIVO Y ACABADO EN ESMALTE, INSTALADA.	\$ 3.636.019,56	\$ 10.023,50	\$ 3.609.971,04	0,47%	\$ 3.609.971,04	0,47%	CUMPLE
MURO DE .15 DE ESPESOR EN BLOQUE DE CEMENTO SPLIT COLOR 0.15X0.19X0.39-MORTERO DE PEGA 1.4-A LA VISTA POR UNA CARA Y RANURADO	\$ 3.664.259,75	\$ 67.571,33	\$ 3.607.264,00	19,95%	\$ 3.797.120,00	97,54%	NO CUMPLE
CORTE DE ARBOL PORTE MEDIO SACADO DE RAIZ, HASTA .80 MT DE DIAMETRO, INCL. RETIRO AL BOTADERO OFICIAL.	\$ 3.586.433,73	\$ 122.859,83	\$ 3.531.114,00	32,63%	\$ 3.531.114,00	32,63%	CUMPLE
COSTO TOTAL	\$ 225.540.576,52		\$ 213.642.296,05		\$ 221.983.555,58		

Figura 44. Resumen final del cumplimiento de los costos. Autor, 2020

5 CONCLUSIONES

Al aplicar la regla 80-20 de Pareto de las 85 actividades que presentaba el proyecto en estudio, se seleccionaron 21 con los costos de mayor impacto en el proyecto de obra, para la identificación de las actividades que tuvieron mayor frecuencia en cuanto su costo.

Se establecieron los datos iniciales del proyecto en estudio en su etapa de planeación; teniendo un estudio de mercado para cada actividad dando resultados muy cercanos a la realidad de la ubicación del proyecto y aplicando una distribución estadística para calcular las probabilidades de cumplimiento de los costos.

Se elaboraron las 100 estimaciones aleatorias para cada actividad seleccionada del proyecto en estudio en su etapa de planeación, considerando el costo optimista y pesimista como los límites; para el cálculo de parámetros de la distribución del costo total.

Se construyeron las curvas de probabilidad de cumplimiento de los costos por cada actividad en la etapa de ejecución del proyecto a través de estadísticas para evaluación del nivel de influencia en cuanto cumplimiento de los costos planificados con el cual se pudo medir los porcentajes que establecieron las proyecciones de los costos y para determinar las causas que llevaron a cada actividad al no cumplimiento de los costos fue necesario recurrir

al diagrama de Ishikawa que muestra fácilmente las causas y los efectos que generan cada una como de forma individual y específica.

6 RECOMENDACIONES

Se recomienda tener una tabla dinámica para simplificar la organización de los ítems, para los casos en que el proyecto tenga una cantidad muy grande de los mismos.

Se recomienda a la alcaldía municipal tener una lista de precios de materiales, equipos y transporte actualizada para tener una base confiable en el estudio de mercado y consiguiente el presupuesto.

Se recomienda siempre realizar un plan de contingencia en las actividades con mayor incertidumbre en su costo para los factores TIEMPO Y MANO DE OBRA los cuales son los más difíciles de controlar en todo proyecto.

Se recomienda utilizar el diagrama causa y efecto o Ishikawa para la identificación de todas las causas que llevan al No cumplimiento de los costos y con el fin de establecer un plan de mejora.

Se recomienda por mínimo 100 números aleatorios por cada actividad para poder tener un grado de confianza de los costos a proyectar aún mayor.

7 Referencias

Barreto, A. (2012). *progreso de la estadística y su utilidad en la evaluación del desarrollo*.

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-7425201200300010&script=sci_arttext&tlng=en.

Borja, C. M. (30 de 09 de 2004). *“Explotación Técnica y Montaje de los Equipos de Elevación de las*. La Habana Cuba: ENPES.

Burgos, M. (2015). *análisis de las causas del incumplimiento de la programación en las obras civiles*. [tesis de pregrado]:

<https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/7285>

Estadística aplicada a la toma de decisiones UPAO. (15 de Abril de 2015).

<http://crsthiansanchezv21.blogspot.com/2015/04/el-numero-aleatorio-y-su-uso-en-las.html>

Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos(guía del PMBOOK). (2013). En P. M. inc.. newton square; pensilvania.

Izquierdo, R. (2018). *Historia de la Gestión de Proyectos; un breve recorrido*. Historia de la Gestión de Proyectos; un breve recorrido

Josafat. (29 de mayo de 2017). *Estimar los costos*. <https://medium.com/administrador-de-proyectos/estimar-los-costos-5da1e1e44b35>

Julian, P., & Maria, M. (2017). *costo total*. <https://definicion.de/costo-total/>.

- Minitab. (2019). *¿ que es la desviacion estandar?*<https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/supporting-topics/data-concepts/what-is-the-standard-deviation/>
- Oscar, G., & Darwin, R. D. (2008). *Analisis de pareto*. tecnicasdecep.pbworks.com.
- Piñeiro Fernandez, S. (1995). PERTy CPM: programacion y control de proyectos. En *Cuadernos de Estudios Empresariales*. n. < 5 (págs. 271-291). Madrid: Servicio de Publicaciones UCM.<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=164224>
- R, H. d., & Z, g. T. (2011). *Procesos y Tecnicas de Construcción 5ta version actualizada*. Santiago, Chile: Alameda 390.
- Rosales, M. (s.f.). *Antecedentes historicos del PERT CPM*.
<https://www.zonaeconomica.com/metodo-pert-cpm/antecedentes>
- Sales, M. (2013). *Diagrama de Pareto*. EALDE Business School.
- SolminihacT, H. d., & Thenoux, G. (2014). *PROCESOS Y TECNICAS DE CONSTRUCCION*. ALFAOMEGA COLOMBIANA.
- Solorzano, R. (2011). *Costos fijos y variables*.
<https://www.monografias.com/trabajos88/costos-fijos-y-variables/costos-fijos-y-variables.shtml>

Valera, F. (s.f.). *Analisis de precios*

unitario.<https://www.monografias.com/trabajos75/analisis-precios-unitarios/analisis-precios-unitarios2.shtml>

vasco, G. (2017). *Distribucion probabilistica*.

<https://www.amarauna.euskadi.eus/es/recurso/distribucion-probabilistica/25ad98b1-ef71-4f84-9c0a-cf1db277dea5>