

**VARIABILIDAD DE LAS DESVIACIONES DE COSTOS DE LOS
PROYECTOS A LO LARGO DE LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN.**

JULIO CESAR SANCHEZ CAMACHO.

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA
2016**

**VARIABILIDAD DE LAS DESVIACIONES DE COSTOS DE LOS
PROYECTOS A LO LARGO DE LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN.**

JULIO CESAR SANCHEZ CAMACHO.

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Civil

Director:

GUILLERMO MEJIA AGUILAR

Ingeniero Civil, PhD

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA**

2016

DEDICATORIA,

*Primeramente a Dios, a mis padres y a mi querido hijo
quien viene en camino que fueron el impulso y moral
Para poder culminar esta etapa tan importante en
mi vida.*

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	13
1. OBJETIVOS.....	14
1.1. OBJETIVO GENERAL.....	14
1.2. OBJETIVO ESPECÍFICO.....	14
2. MARCO TEÓRICO.....	15
2.1. VARIABLE ALEATORIA CONTINUA.....	15
2.1.1. Distribución de Probabilidad para una Variable Aleatoria Continua.....	15
2.2. DISTRIBUCIONES A EMPLEARSE EN EL ANÁLISIS DE DATOS.....	17
2.2.1. Distribución Normal.....	17
2.2.2. Distribución de Probabilidad Exponencial.....	18
2.2.3. Distribución Log Normal.....	18
2.2.4. Distribución Logística.....	18
2.2.5. Distribución Loglogística.....	18
2.2.6. Distribución Weibull.....	19
2.2.7. Distribución Gamma.....	19
2.2.8. Distribución Valor Extremo por Máximos.....	19
2.2.9. Distribución Valor Extremo por Mínimos.....	19
2.3. ENTROPÍA.....	19
2.4. CANTIDAD DE INFORMACIÓN.....	20
3. METODOLOGIA.....	23
3.1. UNIDAD DE ANÁLISIS DE LA MUESTRA.....	23
3.2. VARIABLES Y ANÁLISIS DE DATOS:.....	23
3.3. CÁLCULO DE DESVIACIONES.....	24

3.4. ANÁLISIS DESCRIPTIVO Y AJUSTE DE LOS DATOS DE DESVIACIONES.....	25
3.5. FACTORES QUE INDICAN EL BUEN AJUSTE DE UNA DISTRIBUCIÓN ALEATORIA CONTINUA	26
3.6. CÁLCULO DE LA PROBABILIDAD A PARTIR DE LOS PARÁMETROS DE UBICACIÓN, ESCALA, FORMA Y UMBRAL.....	26
3.7. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE INFORMACIÓN $I(x)$	28
4. RESULTADOS.....	30
4.1. PROYECTOS SOBRE-ESTIMADOS Y SUB-ESTIMADOS.....	30
4.2. DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS DE LOS PROYEC TOS SOBRE-ESTIMADOS.....	32
4.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO.....	33
4.4. AJUSTE DE DISTRIBUCIONES A LOS PROYECTOS SOBRE-ESTIMADOS Y SUB-ESTIMADOS.....	34
4.5. CÁLCULO DE PROBABILIDAD A PARTIR DE LOS DATOS DE DESVIACIÓN.....	37
4.6. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE INFORMACIÓN ($I(x)$)	38
4.6.1. Análisis Estadístico Descriptivo De La Cantidad De Información ($I(X)$).	38
4.7. CORRELACIONES	39
5. CONCLUSIONES	41
6. LIMITACIONES DEL ESTUDIO	43
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS	44
BIBLIOGRAFIA	46
ANEXOS.....	48

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Buscador costo final del proyecto	24
Tabla 2. Cálculo de la desviación final (0% ejecución).	24
Tabla 3. Cálculo de la cantidad de información de Shanon, para la probabilidad del proyecto 1, Sobre-estimado (Over Budget).....	29
Tabla 4. Distribución de los Proyectos sobre-estimados y sub-estimados según la muestra.	30
Tabla 5. Distribución de los proyectos de manera definitiva en sobre-estimados y sub-estimados.....	32
Tabla 6. Análisis estadístico descriptivo de las desviaciones	33
Tabla 7. Resumen de las distribuciones seleccionadas en los puntos de análisis de los proyectos sobre-estimados.	36
Tabla 8. Resumen de las distribuciones seleccionadas en los puntos de análisis de los proyectos sub-estimados.....	36
Tabla 9. Estadística descriptiva de la cantidad de información $I(x)$	38

LISTA DE GRAFICOS

	Pág.
Grafico 1. Distribución de probabilidad para una variable aleatoria continua	17
Grafico 2. Cálculo del costo pronosticado en el punto de análisis deseado (25%,50%,75%).....	25
Grafico 3. Gráfica de ajuste, parámetros de ubicación, escala y umbral	27
Grafico 4 Función de probabilidad para los valores de ubicación, escala y umbral ingresados.	28
Grafico 5. Distribución de frecuencias de las desviaciones según la muestra proyectos sobre-estimados.....	31
Grafico 6. Distribución de frecuencias de las desviaciones de los proyectos sobre- estimados una vez eliminada los valores extremos.....	31
Grafico 7. Distribución de frecuencias de los puntos de análisis del (25%, 50% y 75%) de los proyectos sobre-estimados	32
Grafico 8. Distribución de frecuencias de los puntos de análisis del (25%, 50% y 75%) de los proyectos sub-estimados.	33
Grafico 9. Funciones de densidad seleccionadas para las desviaciones finales de los proyectos.....	35
Grafico 10. Cálculo de probabilidad a partir de un dato de desviación	37
Grafico 11. Correlación entre las desviaciones y $I(x)$ – Proyectos Sobre- estimados	39
Grafico 12. Correlación entre las desviaciones y $I(x)$ – Proyectos Sub-estimados	40

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Información de los 135 proyectos analizados con las desviaciones en cada uno de sus puntos.....	48
Anexo B. Valores de Probabilidad según los datos de desviación de cada uno de los puntos de los 135 proyectos.....	54
Anexo C. Cálculo de la cantidad de información para cada uno de los valores de probabilidad según datos de desviación	57
Anexo D. Ajuste de las distribuciones en los puntos de análisis proyectos sobre-estimados.	61
Anexo E. Ajuste de las distribuciones en los puntos de análisis proyectos sub-estimados	62

RESUMEN

TÍTULO: VARIABILIDAD DE LAS DESVIACIONES DE COSTOS DE LOS PROYECTOS A LO LARGO DE LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN*

AUTOR: JULIO CÈSAR SÁNNCHEZ CAMACHO **

PALABRAS CLAVE: Desviaciones, cantidad de información, proyectos de construcción, sobrecosto y bajo costo, distribución de probabilidad.

DESCRIPCIÓN: En el presente trabajo de grado se expone el comportamiento de las desviaciones de costos en los proyectos de construcción a lo largo de la etapa de construcción, teniendo en cuenta que los estudios centran su análisis en la etapa final del proyecto y no en los diferentes puntos de construcción ^[1], basados en la información de los pronósticos del costo final tomados durante su proceso de control. Este estudio basara su análisis en la información de sus presupuestos del costo final observado al 0%, 25%, 50% y 75% de avance del proyecto para determinar los comportamientos de desviación. Empleando el software Minitab 17 se realizarán pruebas de bondad y ajuste obteniendo distribuciones de probabilidad de las desviaciones en costo de los proyectos de construcción en cada uno de los puntos de análisis mencionados anteriormente, se analiza la variabilidad en cada uno de los escenarios, empleando el concepto de cantidad de información de Shanon.

Este análisis desagregará los proyectos en dos grupos, proyectos con sobrecosto (Over Budget) o desviaciones positivas y proyectos por debajo del costo planeado (Under Budget) o desviaciones negativas ya que un estudio preliminar mostró la incidencia del tipo de desviación sobre los indicadores de desempeño de los pronósticos usados en los sistemas de control .

Los resultados de esta investigación han sido usados en proyectos para calcular incertidumbre, lo encontrado se ha sometido a la publicación en el journal de la asociación americana.

* Trabajo de grado

** Facultad De Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela De Ingeniería Civil. Director: Guillermo Mejia Aguilar

ABSTRACT

TITLE: VARIABILITY OF DEPARTURES OF PROJECT COSTS ALONG THE STAGE OF CONSTRUCTION.

AUTHOR: JULIO CÉSAR SÁNCHEZ CAMACHO**.

KEY WORDS: Deviations, amount of information, construction projects, over budget and under budget, probability distribution.

DESCRIPTION: On the current grade the behavior of the deviations of costs in construction projects throughout the construction stage is exposed, given that studies focus its analysis on the final stage of the project and not on the different points of construction, based on information from the final cost forecasts taken during process control. This study based its analysis on information from their budgets the final cost observed at 0%, 25%, 50% and 75% of project progress to determine the behavior of deviation. Using the Minitab 17 software tests kindness be carried out and setting obtaining probability distributions of deviations in cost of construction projects in each of the points of analysis mentioned above, variability in each of the scenarios analyzed, using the concept of information of Shanon.

This analysis projects disaggregate into two groups, projects with cost overruns (Over Budget) or positive deviations and projects below the planned cost (Under Budget) or negative deviations negative because a preliminary study showed the incidence of type deflection on performance indicators forecasts used in control systems.

The results of this research have been used in projects to calculate uncertainty, the found has been submitted to the publication in the journal of the American Association.

* Degree work

** Faculty of Physical-Mechanical Engineering. School Of Civil Engineering. Director: Guillermo Mejia Aguilar

INTRODUCCIÓN

Los sobrecostos en los proyectos de construcción es un problema frecuente en la industria de la construcción, esto puede ocasionarse a diversos factores, en especial a la etapa de construcción de los proyectos. En los últimos años se han evidenciado sobrecostos de gran magnitud en obras a nivel mundial y de América Latina, una muestra de ello es el proyecto vial de Poza Rica, Veracruz –México, donde el sobrecosto que experimenta es cercano al cien por ciento (Elheraldodeveracruz,2015)^[3], como también, el caso del proyecto de la Línea en Colombia que su sobrecosto, según reportes no académicos, ha sido de 65% (Semana,2015)^[4], Otro caso en particular es la construcción de la Fase III de Transmilenio cuyo presupuesto inicial fue \$1,15 billones de pesos, y que a los pocos meses de iniciar su construcción, el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) registró sobrecostos cercanos a los 95 mil millones de pesos (El Espectador, 2010)^[5].

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL.

Analizar la variabilidad de las desviaciones de costos, detectadas por los métodos de seguimiento y control basados en pronósticos, a lo largo del período de ejecución de los proyectos de construcción.

1.2. OBJETIVO ESPECÍFICO.

- Determinar las distribuciones de probabilidad de las desviaciones en costo de los proyectos de construcción al 0%, 25%, 50% y 75% de ejecución del proyecto.

2. MARCO TEÓRICO

Durante la ejecución de los proyectos de construcción se utilizan métodos de seguimiento y de control basados en pronósticos, los cuales permiten detectar sus posibles desviaciones. De esta manera se busca asegurar que los recursos del proyecto sean utilizados de la manera más efectiva posible para cumplir con los objetivos propuestos . Por tanto, identificar la variabilidad de las desviaciones del proyecto a lo largo de su ejecución permitirá que se puedan tomar decisiones oportunas, ya sean correctivas o de mitigación. Las variables a tratar serán el costo y tiempo, por lo cual serán catalogadas como variable aleatoria continua.

2.1. VARIABLE ALEATORIA CONTINUA

Una variable aleatoria continua es la que puede tomar un número infinitamente grande de valores que corresponden a los puntos en un intervalo de una recta. Las estaturas y los pesos de las personas, el tiempo entre dos eventos o la vida útil de un equipo de oficina, son ejemplos típicos de variables aleatorias continuas (Badii, M. H. y J. Castillo)^[6].

2.1.1. Distribución de Probabilidad para una Variable Aleatoria Continua. Las distribuciones de probabilidad están relacionadas con la distribución de frecuencias, de hecho se puede relacionar una distribución de frecuencias con una distribución de probabilidad, dicha distribución me describe la forma en que se espera que varíen los resultados de los datos analizarse.

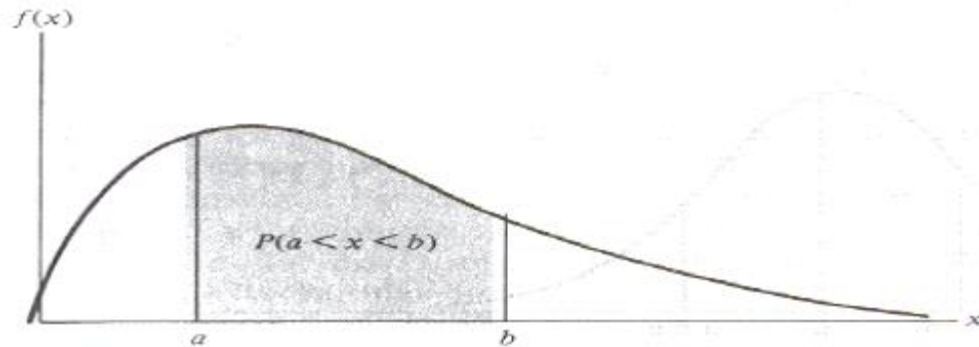
Los objetivos de la distribución de probabilidad son mostrar que distribución de probabilidad utilizar y como encontrar sus valores, entender las limitaciones de cada una de las distribuciones que utilice.

El modelo probabilístico para la distribución de frecuencias de una variable aleatoria continua implica la selección de una curva, generalmente regular o aislada, a la que se llama distribución de probabilidad o función de densidad de probabilidad de una variable aleatoria. Si la ecuación de esta distribución de probabilidad continua es $f(x)$, entonces la probabilidad de que x esté en el intervalo $a < x < b$ es el área bajo la curva de distribución para $f(x)$ entre los dos puntos a y b .

Esto concuerda con la interacción de un histograma de frecuencias relativas, donde las áreas sobre un intervalo, bajo el histograma, correspondieron a la proporción de observación que cae en dicho intervalo. Ya que el número de valores que puede tomar x es infinitamente grande y no se puede contar, la probabilidad de que x sea igual a un valor específico, por ejemplo a , es 0.

Entonces las afirmaciones probabilísticas acerca de las variables aleatorias continuas siempre corresponden a áreas bajo la distribución de probabilidad sobre un intervalo por ejemplo, de a a b , y se expresan como $P(a < x < b)$. Nótese que la probabilidad en $a < x < b$ es igual a la probabilidad de que $a < x = b$, pues $P(x = a) = P(x = b) = 0$. Hay muchas distribuciones de probabilidad continuas y cada una se representa mediante una ecuación $f(x)$, que se escoge de la manera que el área total bajo la curva de distribución de probabilidad sea igual a (Badii, M. H. y J. Castillo) ^[6].

Grafico 1. Distribución de probabilidad para una variable aleatoria continúa



Fuente: [6]

Una vez que conocemos la ecuación $f(x)$ de una distribución de probabilidad particular se pueden encontrar probabilidades específicas, por ejemplo, la probabilidad de que x esté en el intervalo $a < x < b$, para el caso de estudio que se desea presentar los valores de x a encontrarse serán los valores de desviaciones en los diferentes puntos de análisis.

2.2. DISTRIBUCIONES A EMPLEARSE EN EL ANÁLISIS DE DATOS

Las funciones de probabilidad empleadas tanto para los proyectos Sobre-estimados como Sub-estimados fueron las siguientes distribuciones: normal, exponencial, lognormal, logística, Loglogística, Weibull, Gama, valor extremo por máximos y valor extremo más pequeño.

2.2.1. Distribución Normal. Es una de las distribuciones más trascendentales en la estadística, también conocida como la campana de GAUS, el área total bajo la curva viene siendo siempre uno, y se ajusta a muchos de los fenómenos reales observados. (Minitab 17, 2015) ^[7]

2.2.2. Distribución de Probabilidad Exponencial. A pesar de la sencillez analítica de sus funciones de definición, la distribución exponencial tiene una gran utilidad práctica ya que podemos considerarla como un modelo adecuado para la distribución de probabilidad del tiempo de espera entre dos hechos que sigan un proceso de Poisson. (Minitab 17, 2015) ^[7]

2.2.3. Distribución Log Normal. La distribución lognormal es empleada para modelar valores de datos positivos que sean aproximadamente simétricos o asimétricos a la derecha y mayores que 0. La distribución lognormal se utiliza para el análisis de fiabilidad y en aplicaciones financieras, como modelar el comportamiento de las acciones. (Minitab 17, 2015) ^[7]

La distribución lognormal es una distribución continua que es definida por sus parámetros de ubicación y escala. La distribución lognormal de 3 parámetros es definida por sus parámetros de ubicación, escala y valor umbral (Minitab 17, 2015) ^[7]

2.2.4. Distribución Logística. La distribución logística es empleada para modelar distribuciones de datos que tienen colas más grandes y curtosis más altas que la distribución normal, es empleada en modelos de crecimiento y respuestas binarias en campos como en la bioestadística y la economía. La distribución logística es una distribución continua que se define por sus parámetros de escala y ubicación. (Minitab 17, 2015) ^[7]

2.2.5. Distribución Loglogística. Esta distribución es empleada si el algoritmo de la variable se distribuye logísticamente, al igual que la logística se define por sus parámetros de ubicación y escala, es decir no tiene parámetro de forma. (Minitab 17, 2015) ^[7]

2.2.6. Distribución Weibull. La distribución de Weibull es una distribución versátil que se puede utilizar para modelar una amplia gama de aplicaciones en ingeniería, investigación médica, control de calidad, finanzas y climatología. Por ejemplo, la distribución se utiliza frecuentemente en análisis de fiabilidad para modelar datos de tiempo para falla, como la probabilidad de que una parte falle después de uno, dos o más años. La distribución de Weibull también se utiliza para modelar datos asimétricos del proceso en el análisis de capacidad. (Minitab 17, 2015) [7]

2.2.7. Distribución Gamma. Esta distribución es empleada para modelar valores de datos positivos que sean asimétricos a la derecha y mayores que cero. La distribución Gamma se utiliza comúnmente en estudios de supervivencia de fiabilidad. (Minitab 17, 2015) [7]

2.2.8. Distribución Valor Extremo por Máximos. La distribución de valor extremo más grande se define por sus parámetros de ubicación y escala. Se emplea para modelar el valor máximo de una distribución de observaciones aleatorias. (Minitab 17, 2015) [7]

2.2.9. Distribución Valor Extremo por Mínimos. La distribución de valor extremo más pequeño se define por sus parámetros de ubicación y escala. Se emplea para modelar el valor mínimo de una distribución de observaciones aleatorias. (Minitab 17, 2015) [7]

2.3. ENTROPÍA

La entropía es una medida de variación para variables cualitativas. Si X es una variable cualitativa que toma un número finito de valores x_1, x_2, \dots, x_n con

probabilidades p_1, p_2, \dots, p_n (las probabilidades p_1, p_2, \dots, p_n son números no negativos y suman uno), se define entropía como:

$$H(X) = \sum_{i=1}^n p_i \log \frac{1}{p_i} = - \sum_{i=1}^n p_i \log p_i \quad (1)$$

Como vale, $\log_a b \cdot \log_b x = \log_a x$, resulta que cambiar la base del logaritmo es multiplicar por una constante. Por eso, generalmente, no se indica la base del logaritmo que se usa. Si se usa la base 2, la unidad correspondiente se denomina bit (binary unit), si se usa e, la unidad es el nat (natural unit) y si se usa la base 10 se llama Hartley, en memoria del primero que sugirió en 1928 la medida logarítmica de la información.

El concepto de entropía proviene de la termodinámica y fue introducida por el físico alemán Rudolf Clausius en 1865. A partir de 1890 el físico austriaco Ludwig Boltzmann inicia el desarrollo de la mecánica estadística donde tiene un rol central el concepto de entropía.

La entropía mide “el grado de desorden de un sistema”, a mayor entropía mayor desorden. Por tanto la entropía se puede pensar como la cantidad media de información, pues es la esperanza de la cantidad de información (Abramson, Norman) ^[8].

2.4. CANTIDAD DE INFORMACIÓN

De acuerdo a lo expuesto por Shannon (1948), la entropía de la información $H(X)$ mide la incertidumbre promedio de una variable aleatoria a partir de la cantidad de

información que proporciona la ocurrencia de un evento. En la Ecuación 2, X es una variable aleatoria con n resultados (x_1, \dots, \dots, x_n) y (x_i) es la probabilidad de ocurrencia de un evento x_i .

$$H(X) = - \sum_{i=1}^n p(x_i) \log_2 p(x_i) \quad (2)$$

The diagram shows the entropy formula $H(X) = - \sum_{i=1}^n p(x_i) \log_2 p(x_i)$ with several annotations:

- A bracket above the summation symbol \sum is labeled "Incertidumbre Promedio" (Average Uncertainty).
- An arrow points from the $\log_2 p(x_i)$ term to the label "Cantidad de Información" (Amount of Information).
- An arrow points from the $p(x_i)$ term to the label "Probabilidad de ocurrencia E" (Probability of occurrence E).
- An arrow points from the x_i in the subscript of the summation to the label "Variable Aleatoria" (Stochastic Variable).

El concepto de entropía es también considerado como una medida de información y bajo esa perspectiva, Shannon (1948) definió $I(X)$ como la cantidad de información necesaria para describir a una variable aleatoria X , o como la cantidad de información que comunica la variable, calculada a partir de la probabilidad de ocurrencia de un evento (ver Ecuación 3). Dado que $I(X)$ mide indirectamente la incertidumbre de la variable aleatoria, si la información está completa, no hay incertidumbre y si hace falta información, hay incertidumbre (Singh, 2014).^[9]

$$I(X) = \log_2 \frac{1}{P(X)} \quad (3)$$

Para entender mejor este concepto resulta apropiado traer a colación el siguiente ejemplo. Los sucesos inesperados son aquellos que más impresionan a las personas; cuanto menos esperado sea, mayor será el grado de sorpresa. Este grado de sorpresa se puede cuantificar a partir de la probabilidad de ocurrencia del suceso. Cuanto más probable sea la ocurrencia del evento, menor será la sorpresa que cause su conocimiento si este realmente ocurre; ya que este suceso pudo haberse anticipado, a priori, con un alto grado de certeza. Similarmente, cuanto menos probable sea la ocurrencia de un suceso, mayor será el grado de sorpresa que cause, si este realmente ocurre.

En este estudio se utiliza el concepto de cantidad de información para cuantificar la incertidumbre de las desviaciones en costos de los proyectos de construcción a lo largo de su ejecución^[10].

3. METODOLOGIA

La presente sección describe la unidad de análisis de la muestra, variables y análisis de datos del proceso investigativo.

3.1. UNIDAD DE ANÁLISIS DE LA MUESTRA

El estudio analizó 135 proyectos construidos y terminados a cabalidad, ejecutados 15 empresas con operaciones en USA, los cuales fueron culminados en los periodos comprendidos entre los años (2008 y 2010).

3.2. VARIABLES Y ANÁLISIS DE DATOS:

Las variables a considerar en el estudio serán el costo final del proyecto y el costo pronosticado. A partir de esta información se calculará desviación en costo del proyecto de la siguiente manera (ver ecuación 4):

$$D(\%) = \frac{\text{Costo Final} - \text{Costo Base}(0)}{\text{Costo Base}(0)} \quad (4)$$

Si el costo pronosticado en el mes cero (0), es mayor que el costo final los proyectos se clasificaran en Sub-estimados (Under Budget) o desviaciones negativas, pero si el costo pronosticado en el mes cero (0), es menor que el costo final los proyectos se clasificaran en proyectos Sobre-estimados (Over Budget).

3.3. CÁLCULO DE DESVIACIONES.

Para llevar a cabo este proceso se emplea el software Excel, debido a que el costo final no siempre corresponde al máximo valor; se genera un buscador referenciado a la columna de la hoja de cálculo que contiene los costos pronosticados de los respectivos meses, y se realiza la diferencia entre el costo final y el costo pronosticado en el mes cero.

Tabla 1. Buscador costo final del proyecto

	A	B	C	D	E
9		Part A			
10		Project 001			
11		Months	Cost Forecast US\$ (at completion)	Actual Value- Forecast	Desviación
12	Baseline	0	\$81	=CONSULTAV(MAX(B:B);B:C;2;FALSO)-C12	

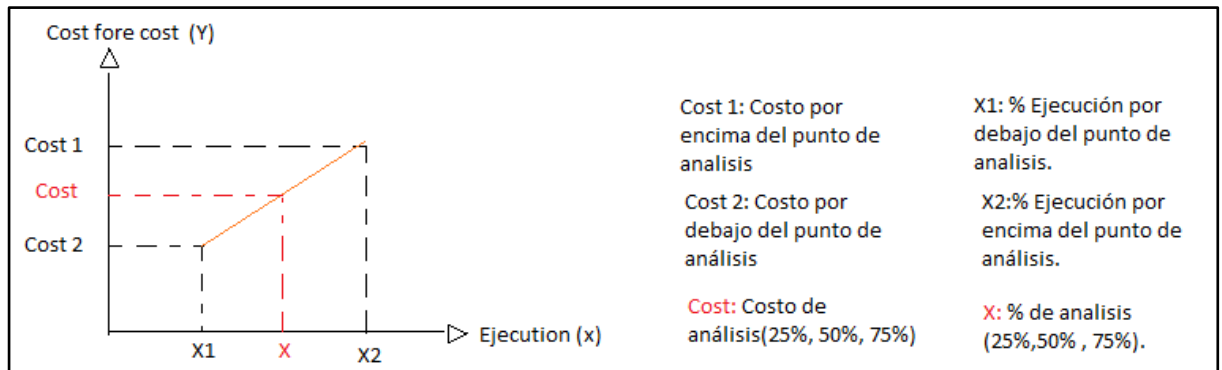
Para el caso expuesto la columna C contiene los valores de los costos pronosticados, y la columna B contiene el mes de ejecución, como el costo final corresponde al último mes de ejecución se referencia la matriz hacia las columnas B y C , con el indicador de columna se referencia el número de la columna que contiene los costos pronosticados, para el ejemplo dado corresponde al número dos (2), se efectúa la diferencia entre el valor de costo correspondiente al último mes y el mes (0), como se muestra en la tabla 1.

Tabla 2. Cálculo de la desviación final (0% ejecución).

	A	B	C	D	E	F
9		Part A				
10		Project 001				
11		Months	Cost Forecast US\$ (at completion)	Actual Value- Forecast	Desviación	Ejecution %
12	Baseline	0	\$819.718.728	\$40.	=D12/C12*100	

En la tabla 2, se observa el cálculo de la desviación como se ilustraba en la ecuación 4 mediante Excel, en la columna *F* se encuentra los valores en porcentaje al avance de la ejecución del proyecto analizado, este valor se determina de manera lineal, es decir, el último mes de ejecución del proyecto corresponde a un valor del 100% de ejecución y el mes 0 corresponderá a un 0% de ejecución del proyecto, en dado caso que el porcentaje de ejecución arroje el valor exacto del punto de análisis se realizara la relación lineal para determinar dicho valor de la siguiente manera (ver figura 2).

Grafico 2. Cálculo del costo pronosticado en el punto de análisis deseado (25%,50%,75%).



3.4. ANÁLISIS DESCRIPTIVO Y AJUSTE DE LOS DATOS DE DESVIACIONES.

Se realiza el análisis descriptivo mediante el software Excel y, una vez terminado este proceso obtenemos mediante Minitab 17 las diferentes distribuciones que se implementaron en el estudio, dichas distribuciones empleadas son la normal, exponencial, lognormal, logística, Loglogística, Weibull, Gama, valor extremo por máximos y valor extremo más pequeño, a las distribuciones exponencial, lognormal, logística, Loglogística, Weibull, Gama, se pueden obtener ajustes con parámetros Umbral (3 parámetros), es importante el resaltar que el software Minitab 17, no acepta el ingreso de números negativos por lo cual los proyectos que tengan valores negativos, deben ser trasladados afectados por el valor

mínimo de este , con el fin de que los datos a ingresar sean mayores o iguales a cero .

3.5. FACTORES QUE INDICAN EL BUEN AJUSTE DE UNA DISTRIBUCIÓN ALEATORIA CONTINUA

En el momento de analizar cada una de las distribuciones, se tiene en cuenta el valor de P quien debe obtener un valor superior al nivel de significancia empleado para que se ajuste de manera eficiente a los datos, para el caso de estudio 0,05; la medida anteriormente mencionada prima bajo las otras condiciones de ajuste, dado que algunas distribuciones no manejan un valor de P exacto, es dado a que el valor oscila en un rango de valores, y en algunas distribuciones como lo son las distribuciones lognormal, gama y Loglogística de tres parámetros, el valor de P se enmarca con un asterisco dado que matemáticamente no es posible calcularlo , por lo general en cuanto menor sea el estadístico de Anderson Darling, mejor de ajustan los datos a la distribución, adicionalmente se evalúa el acercamiento de los puntos a la recta de la gráfica, entre menor sea el espacio entre la recta y los puntos se considera que la distribución se ajusta mejor a los datos.

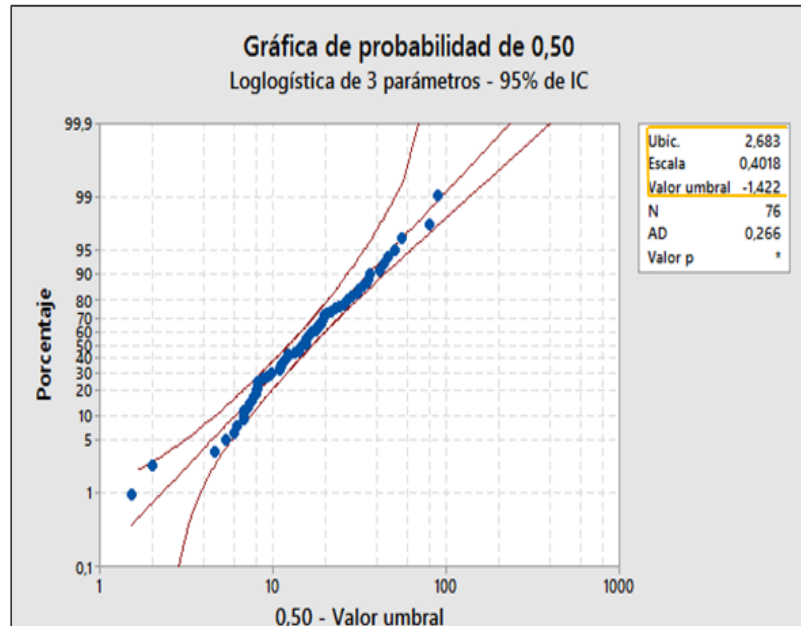
Si $P > \text{Nivel de significancia } (\alpha)$, la distribución se ajusta a los datos. Entre menor sea el valor de Anderson Darling (AD), la distribución se ajusta mejor a los datos.

3.6. CÁLCULO DE LA PROBABILIDAD A PARTIR DE LOS PARÁMETROS DE UBICACIÓN, ESCALA, FORMA Y UMBRAL.

En la figura 3 en el costado superior derecho, se observan los parámetros de ajuste dados por el software, estos parámetros deben ser ingresados para obtener la curva de distribución de probabilidad $F(x)$, y así mismo poder ingresar lo valores

de desviación y obtener el valor de probabilidad, para el valor de desviación ingresado.

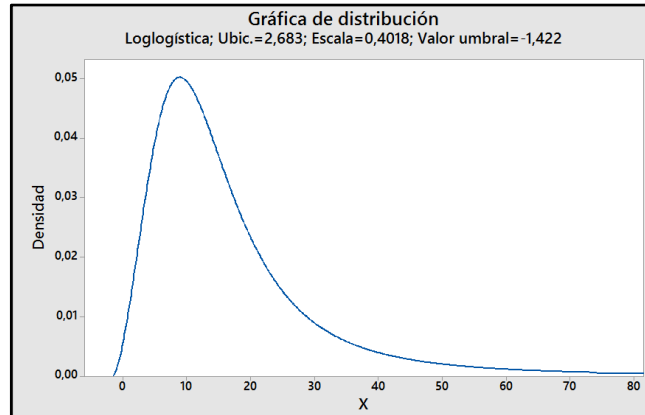
Grafico 3. Gráfica de ajuste, parámetros de ubicación, escala y umbral .



Fuente: [7]

Una vez calculados los parámetros de ajuste de la distribución seleccionada se procede a ingresar dichos parámetros y así obtener la función de densidad de probabilidad (ver figura 4).

Grafico 4 Función de probabilidad para los valores de ubicación, escala y umbral ingresados.



Fuente: [7]

3.7. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE INFORMACIÓN I(X)

Para determinar la cantidad de información nos basaremos en la ecuación número 2, dado que ya conocemos el valor de la probabilidad para las determinadas desviaciones, como se muestra en el siguiente ejemplo:

$$I(x) = \log_2\left(\frac{1}{P}\right) = \log_2\left(\frac{1}{0,192}\right) = 2,38$$

El cálculo de cantidad de información es un indicador de desempeño que se esta proponiendo basado en la información e incertidumbre.

Tabla 3. Cálculo de la cantidad de información de Shanon, para la probabilidad del proyecto 1, Sobre-estimado (Over Budget).

<u>Proyecto sobre-estimado (Over Budget)</u>					
<u>Distribución empleada</u>					
Weibull de 3 parámetros					
				Datos ajustados	$Log_2(1/P)$
				<u>0,00</u>	<u>0%</u>
<u>Grupo</u>	<u>Proyecto</u>	<u>Duración</u>	Desviaciones	Probabilidad cola izquierda	$Log_2(1/P(0))$
<i>G r u p o 0 1</i>	Proyecto 001	36	4,98	0,192	2,38

4. RESULTADOS

4.1. PROYECTOS SOBRE-ESTIMADOS Y SUB-ESTIMADOS.

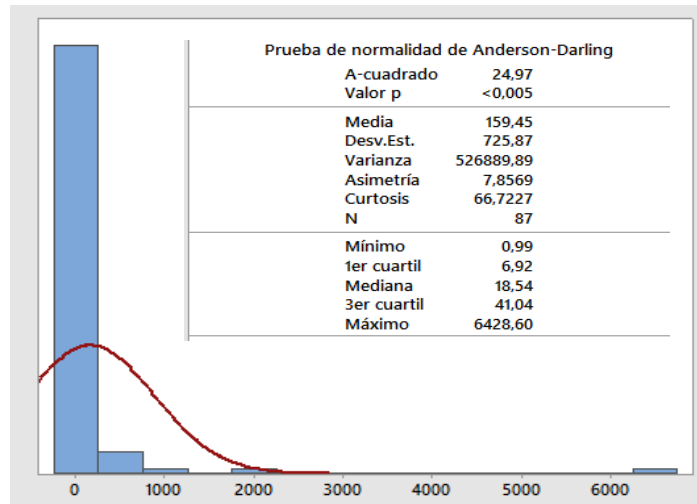
En la tabla 4, encontramos como se distribuyeron los proyectos según la muestra

Tabla 4. Distribución de los Proyectos sobre-estimados y sub-estimados según la muestra.

<i>Proyectos Sobre-estimados (Over Budget)</i>		<i>Proyectos Sub-estimados Under Budget</i>	
N	87	N	48
Valor Máximo	6428,60	Valor Maximo	-0,02
Valor Minimo	0,99	Valor Minimo	-44,44
Rango	6427,62	Rango	-44,42

Nótese que el valor extremo de los proyectos sobre-estimado es de gran consideración, por tal razón los valores extremos de estos proyectos son eliminados dado que la distribución de frecuencias a no permite un ajuste claro de las distribuciones a los datos, además de ser tenidos en cuenta no se estaría analizando la mayor concentración de los datos (ver gráfica 5).

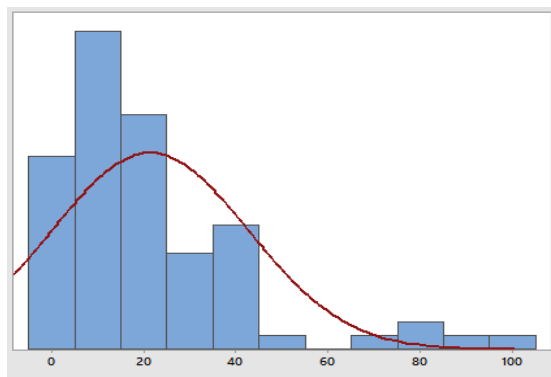
Grafico 5. Distribución de frecuencias de las desviaciones según la muestra proyectos sobre-estimados.



Fuente: [7]

De esta manera los valores de desviaciones oscilarían entre 0 y 100, teniendo en cuentas lo comentado anteriormente (ver figura 6).

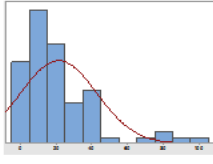
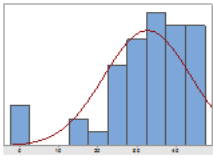
Grafico 6. Distribución de frecuencias de las desviaciones de los proyectos sobre-estimados una vez eliminada los valores extremos.



Fuente: [7]

La siguiente tabla 5, ilustra la distribución de los proyectos por empresa y sus valores de rango teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado.

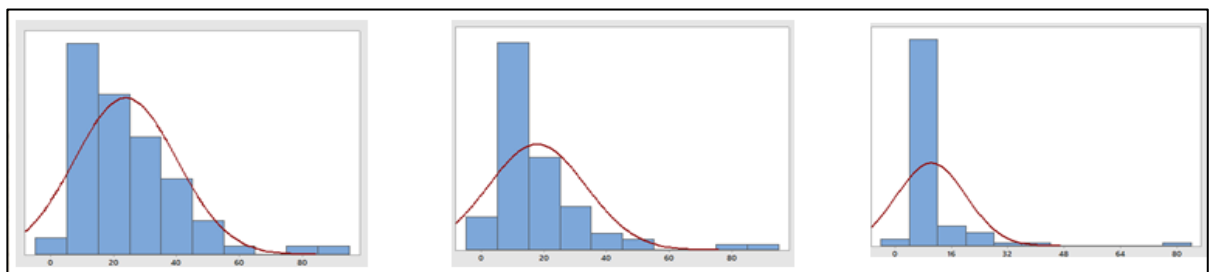
Tabla 5. Distribución de los proyectos de manera definitiva en sobre-estimados y sub-estimados.

Proyectos Sobre-estimados			Proyectos Sub-estimados																		
Grupos	N° Proyectos		Grupos	N° Proyectos																	
Group_1	9	<table border="1"> <tr><td>N</td><td>76</td></tr> <tr><td>Valor Max</td><td>100,00</td></tr> <tr><td>Valor Min</td><td>0,99</td></tr> <tr><td>Rango</td><td>99,01</td></tr> </table> 	N	76	Valor Max	100,00	Valor Min	0,99	Rango	99,01	Group_1	1	<table border="1"> <tr><td>N</td><td>48</td></tr> <tr><td>Valor Max</td><td>-0,02</td></tr> <tr><td>Valor Min</td><td>-44,44</td></tr> <tr><td>Rango</td><td>44,42</td></tr> </table> 	N	48	Valor Max	-0,02	Valor Min	-44,44	Rango	44,42
N	76																				
Valor Max	100,00																				
Valor Min	0,99																				
Rango	99,01																				
N	48																				
Valor Max	-0,02																				
Valor Min	-44,44																				
Rango	44,42																				
Group_2	7		Group_2	1																	
Group_3	5		Group_3	3																	
Group_4	10		Group_4	0																	
Group_5	5		Group_5	5																	
Group_6	3		Group_6	1																	
Group_7	7		Group_7	3																	
Group_8	6	Group_8	3																		
Group_9	4	Group_9	7																		
Group_10	3	Group_10	7																		
Group_11	1	Group_11	0																		
Group_12	9	Group_12	1																		
Group_13	2	Group_13	6																		
Group_14	1	Group_14	6																		
Group_15	4	Group_15	4																		

4.2. DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS DE LOS PROYEC TOS SOBRE-ESTIMADOS.

En la gráfica 7, observamos como de distribuyen los datos en cada uno de los puntos de análisis del (25%, 50% y 75%) en los proyectos sobre-estimados, observamos, que los datos se centran al costado derecho de la media

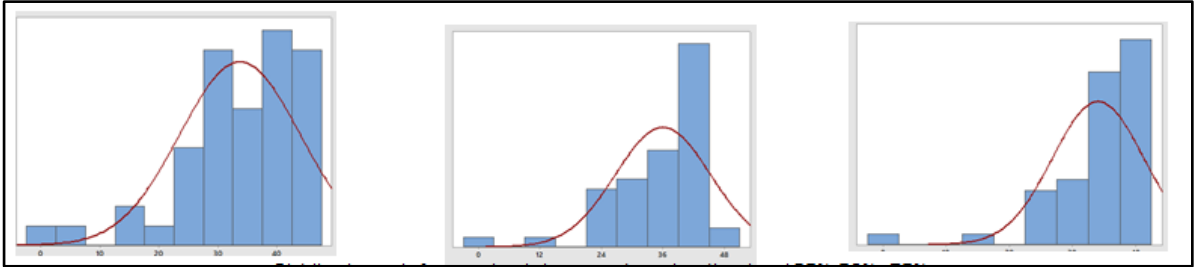
Gráfico 7. Distribución de frecuencias de los puntos de análisis del (25%, 50% y 75%) de los proyectos sobre-estimados



Fuente: [7]

En la gráfica 8, observamos como se distribuyen los datos en cada uno de los puntos de análisis del (25%, 50% y 75%) en los proyectos sub-estimados, observamos, que los datos se centran al costado izquierdo de la media.

Gráfico 8. Distribución de frecuencias de los puntos de análisis del (25%, 50% y 75%) de los proyectos sub-estimados.



Fuente: [7]

4.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO

En la tabla 6, se presenta un análisis descriptivo de las desviaciones de los proyectos sobre-estimados y sub-estimados.

Tabla 6. Análisis estadístico descriptivo de las desviaciones

ANÁLISIS DESCRIPTIVO PROYECTOS SOBRE ESTIMADOS (OVER BUDGET)

	0%	25%	50%	75%
Media	21,352	23,750	17,655	10,233
Desviación Estandar	21,315	16,335	15,700	9,909
Varianza	454,309	266,842	246,503	98,181
Asimetría	1,8589	1,5701	2,3406	4,7826
N	76	76	76	76
Mínimo	0,988	0,100	0,100	0,100
Máximo	100,00	88,68	87,72	77,67
Mediana	15,516	19,212	13,723	6,856

ANÁLISIS DESCRIPTIVO PROYECTOS SUB-ESTIMADOS (UNDER BUDGET)

	0%	25%	50%	75%
Media	32,651	33,684	35,982	34,043
Desviación Estandar	11,098	10,192	9,297	7,235
Varianza	123,168	103,869	86,429	52,342
Asimetría	-1,496	-1,335	-1,563	-2,708
N	48	48	48	48
Mínimo	0,100	0,100	0,100	0,100
Máximo	44,52	46,73	48,90	42,31
Mediana	35,409	36,702	38,842	36,057

Los valores de la media en proyectos sub-estimados están en un rango semejante en cada uno de los puntos de análisis, los proyectos sobre-estimados presentan más dispersión en los valores de la media, así mismo para valores de desviación estándar, varianza asimetría y mediana dado que estos valores son dependientes del parámetro de la media.

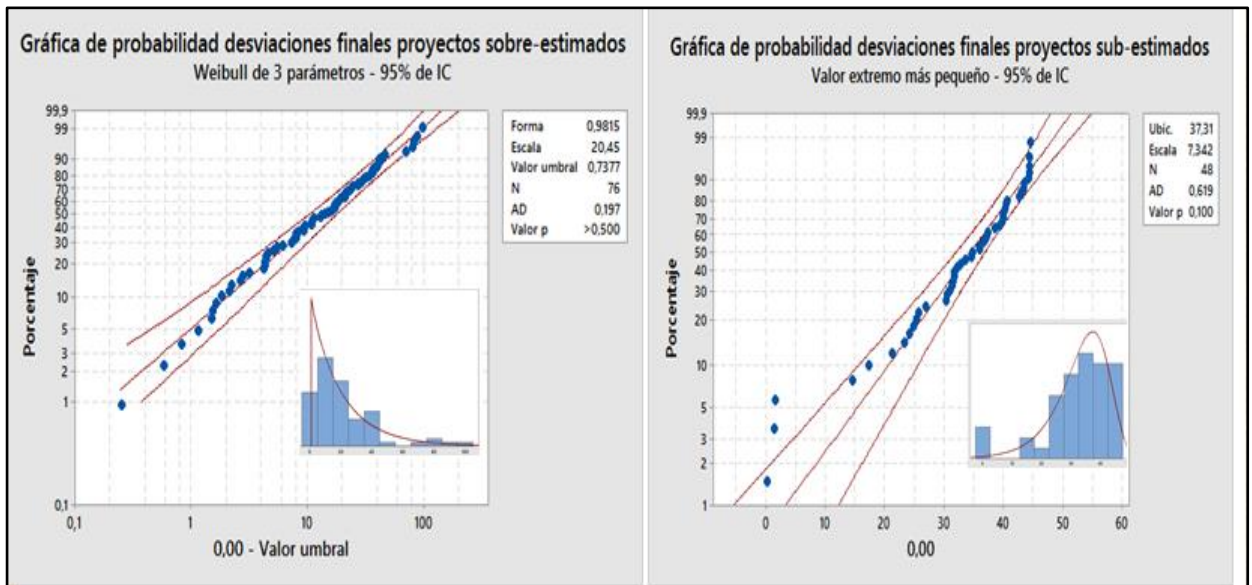
Se tiene una asimetría positiva en los proyectos sobre-estimados, lo cual indica que, si los datos siguen una distribución normal, la mayoría de los datos estarían concentrados a la derecha de la media, y los proyectos sub-estimados por tener una asimetría negativa, de seguir una distribución normal la mayoría de los datos estarían concentrados a la izquierda de la media.

Se deduce que los datos en general están menos dispersos en los proyectos sub-estimados, que en los proyectos sobre-estimados.

4.4. AJUSTE DE DISTRIBUCIONES A LOS PROYECTOS SOBRE-ESTIMADOS Y SUB-ESTIMADOS.

En el gráfico 9 se observa la distribución de los datos a la distribución seleccionada, para los proyectos sobre-estimados y sub-estimados. Para los casos expuestos las distribuciones seleccionadas fueron la Weibull de tres parámetros y valor extremo más pequeño respectivamente, a su vez la curva de densidad ilustrada es la correspondiente al ajuste de los datos de desviaciones.

Gráfico 9. Funciones de densidad seleccionadas para las desviaciones finales de los proyectos.



Fuente:[7]

El comportamiento de los puntos es más disperso en los proyectos sub-estimados, lo que indica que los datos se ajustan de manera más adecuada en los proyectos sobre-estimados, pero al igual la distribución seleccionada en los proyectos sub-estimados se ajusta a los datos.

Las distribuciones dadas en la figura 9, muestran los parámetros de ajuste como lo es el valor P y el valor de Anderson Darling (AD). En las tabla 7 y 8 se observan las distribuciones seleccionadas en cada uno de los puntos de análisis de los proyectos sobre-estimados y sub-estimados.

Tabla 7. Resumen de las distribuciones seleccionadas en los puntos de análisis de los proyectos sobre-estimados.

<u>DISTRIBUCIONES EMPLEADAS</u>				
	Proyectos sobre-estimados			
PARAMETROS DE AJUSTE	0%	25%	50%	75% (No se ajusta ninguna distribución a los datos)
DISTRIBUCIÓN	Weibul de 3 Parametros	Valor extremo por máximos	Loglogística de 3 parámetros	Loglogística de 3 parámetros
Nivel de significancia	0,05	0,05	0,05	0,05
Valor P	>0,05	0,214	*	*
Andersong Darling	0,197	0,501	0,266	3,318
Forma	0,9815			
Escala	20,45	11,29	0,4018	0,2593
Umbral	0,7377		-1,422	-0,8015
Ubicación		16,82	2,683	2,164

Tabla 8. Resumen de las distribuciones seleccionadas en los puntos de análisis de los proyectos sub-estimados.

<u>DISTRIBUCIONES EMPLEADAS</u>				
	Proyector sub-estimados			
PARAMETROS DE AJUSTE	0%	25%	50%	75% (No se ajusta ninguna distribución a los datos)
DISTRIBUCIÓN	Valor extremo mas pequeño	Valor extremo mas pequeño	Valor extremo mas pequeño	Valor extremo mas pequeño
Nivel de significancia	0,05	0,05	0,05	0,05
Valor P	0,1	>0,25	0,106	<0,01
Andersong Darling	0,619	0,402	0,613	1,229
Forma				
Escala	7,341	7,113	6,356	4,051
Umbral				
Ubicación	37,31	38,07	39,92	36,73

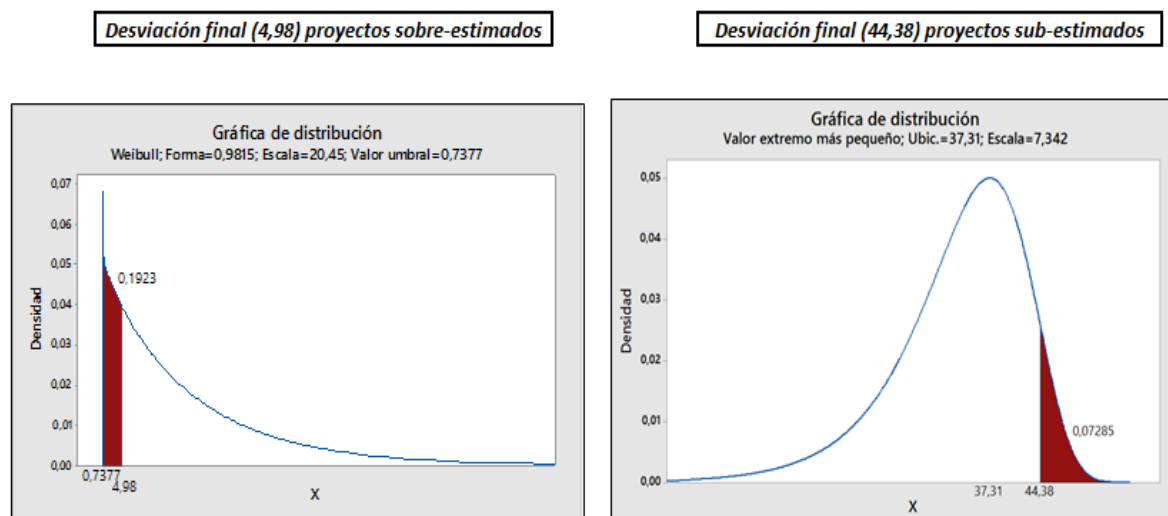
La distribución valor extremo prima en cada uno de los puntos de análisis de los proyectos sub-estimados; en los proyectos sobre-estimados tenemos variedad de distribuciones en cada uno de los puntos de análisis.

En el punto de análisis del 75% tanto para proyectos sobre-estimados como sub-estimados los datos no se ajustan a ninguna de las distribuciones, por esta razón se resaltan en color rojo en las tablas anteriormente dadas, las distribuciones expuestas en las tablas 8 y 9 en el punto mencionado, se tomaron teniendo en cuenta el menor valor AD, aún así el valor P es menor al nivel de significancia y el valor AD es grande en los dos escenarios comparado con el de los otros puntos de análisis, es por esto por esto que los datos del punto de análisis del 75% no son tenidos en cuenta.

4.5. CÁLCULO DE PROBABILIDAD A PARTIR DE LOS DATOS DE DESVIACIÓN

En la gráfica 10 se muestra el cálculo de probabilidad de un dato de la desviación final de los proyectos sobre-estimados y sub-estimados, este proceso es reiterativo para cada uno de los datos de desviación calculada.

Gráfico 10. Cálculo de probabilidad a partir de un dato de desviación



Fuente:[7]

4.6. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE INFORMACIÓN (I(x))

Teniendo en cuenta los valores de probabilidad determinados a partir de los datos de desviación y efectuando la ecuación tres determinamos la cantidad de información.

4.6.1. Análisis Estadístico Descriptivo De La Cantidad De Información (I(X)). En la tabla 9, encontramos la información del análisis descriptivo de los dos grupos de proyectos.

Tabla 9. Estadística descriptiva de la cantidad de información I(x)

**RESUMEN ANALISIS DESCRIPTIVO CANTIDAD DE INFORMACIÓN
PROYECTOS SOBRE -ESTIMADOS (OVER BUDGET)**

	0%	25%	50%	75%
Media	1,428	1,443	1,432	1,336
Desviacion Estandar	1,332	1,312	1,457	1,535
Varianza	1,774	1,722	2,122	2,355
Asimetria	1,362	1,462	2,266	5,414
N	76,000	76,000	76,000	76,000
Minimo	0,013	0,002	0,016	0,000
Maximo	6,246	6,344	8,131	12,619
Mediana	0,953	1,167	0,940	1,401

**RESUMEN ANALISIS DESCRIPTIVO CANTIDAD DE INFORMACIÓN
PROYECTOS SUB-ESTIMADOS (UNDER BUDGET)**

	0%	25%	50%	75%
Media	1,442	1,443	1,443	1,443
Desviacion Estandar	1,221	1,272	1,277	1,185
Varianza	1,491	1,619	1,630	1,405
Asimetria	0,729	0,923	1,179	1,185
N	48,000	48,000	48,000	48,000
Minimo	0,009	0,007	0,003	0,000
Maximo	3,852	4,874	5,931	5,724
Mediana	1,117	1,190	1,218	1,224

Para este análisis vemos que a diferencia de la tabla 9, los valores de media se da de manera más homogénea en todos los puntos de análisis de los dos grupos de los proyectos. Igualmente se analiza que el punto de análisis del 50% de los proyectos sobre-estimados la varianza es más alta que los otros puntos, lo que implica que los valores estén más separados del valor de la media que en lo otros puntos de análisis, los valores de asimetría positiva en ambos casos indican que la mayoría de los datos se concentrarían a la derecha de la media.

Para los proyectos sub-estimados en los puntos de análisis del 25% y 50%, según el valor de la varianza, se encuentra más separados del valor de la media comparado al punto de análisis del 0%.

4.7. CORRELACIONES

En la gráfica 11 y 12. Observamos el comportamiento de la cantidad de información $I(x)$, vs los valores de desviación en los proyectos sobre-estimados y sub-estimados respectivamente, vemos que a menor valor de desviación es mayor la incertidumbre, ya que la cantidad de información mide de manera indirecta la incertidumbre de una variable para este caso la desviación, igualmente la relación entre las variables en ambos casos se da de manera exponencial.

Gráfico 11. Correlación entre las desviaciones y $I(x)$ – Proyectos Sobre-estimados

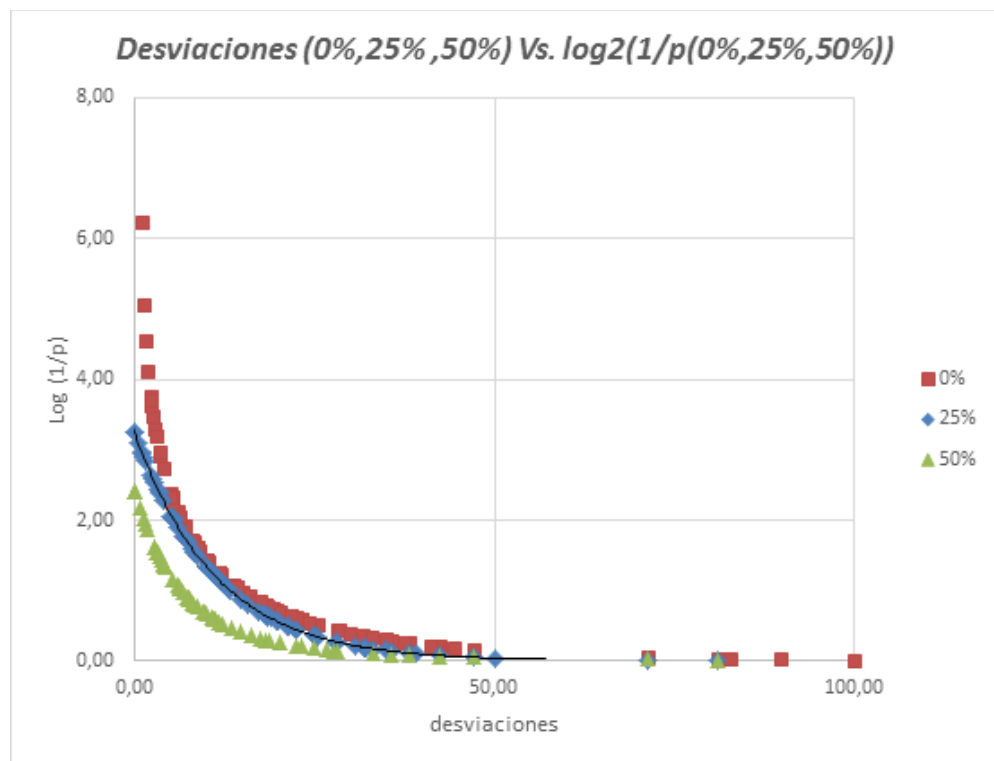
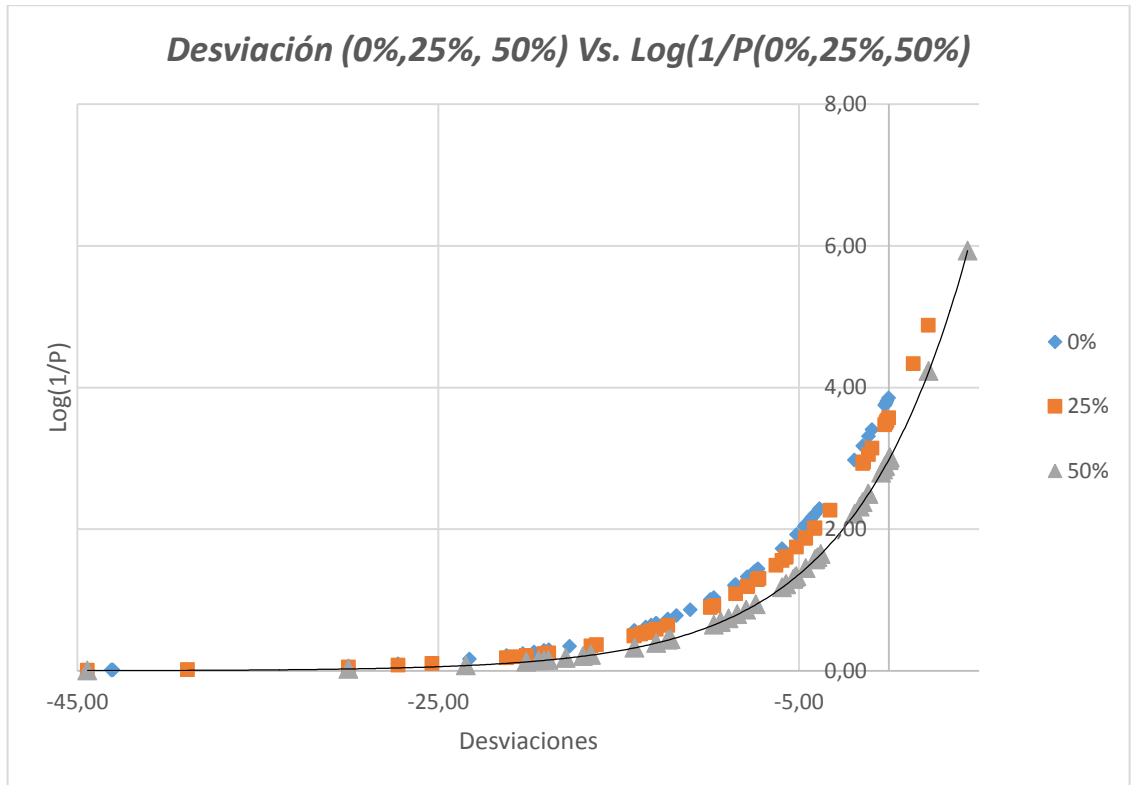


Grafico 12. Correlación entre las desviaciones y $I(x)$ – Proyectos Sub-estimados



5. CONCLUSIONES

- En el análisis de las desviaciones de los proyectos de construcción se observó que en el grupo de los sub-estimados es característica una distribución de probabilidad en todos los puntos de análisis, a diferencia de los proyectos sobre-estimados, ya que en cada uno de los puntos de análisis se obtuvo diferentes distribuciones en los puntos de estudio, esto permite corroborar que los proyectos sobre-estimados y sub-estimados presentan comportamientos diferentes.
- En el punto de análisis del 75% de ejecución correspondiente a los proyectos sobre-estimados y sub-estimados no fue posible un ajuste a ninguna de las distribuciones empleadas en el estudio de los datos basados en los parámetros de ajuste como lo son el valor P y el estadístico AD, a modo de ejemplo en las tablas de resumen de las distribuciones seleccionadas, la distribución seleccionada para este punto fue la que menor valor de AD obtuvo, aún así, este valor es mayor comparado con los otros puntos de análisis de los proyectos sobre-estimados y sub-estimados respectivamente.
- Para cada punto de análisis de los proyectos sobre-estimados se ajustaron más distribuciones de probabilidad comparado con los proyectos sub-estimados, esto puede asociarse a que los datos de los proyectos sub-estimados tiene menor número de proyectos y por ende la muestra es menor comparada con los proyectos sobre-estimados.
- El análisis descriptivo muestra que los valores con mayor desviación se encuentra en los proyectos sub-estimados teniendo en cuenta los valores de media observados en el análisis estadístico descriptivo.

- La cantidad de información tiene influencia en cada uno de los puntos de estudio tanto para proyectos sobre-estimados y sub-estimados de manera exponencial, las gráficas de las correlaciones muestran la relación mencionada por su valor de R, que es en todos los casos de análisis cercano o iguales a 1.
- En las correlaciones observadas es típico que a menor desviación es mayor la incertidumbre, pero se infiere que a lo largo de su ejecución el contenido de información es casi de manera constante para los proyectos sobre-estimados y sub-estimados.
- El estudio de esta investigación se centró en determinar los tipos de distribución para determinar los tipos de distribuciones y así determinar la cantidad de información.
- Los resultados de esta investigación han sido usados en proyectos para calcular incertidumbre, lo encontrado se ha sometido a publicación en el journal de la asociación americana.

6. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

En este estudio solo se consideró desviaciones menores o iguales al 100% en los proyectos sobre-estimados, dado que los valores extremo no permitieron una distribución adecuada de los datos de desviación.

Las distribuciones obtenidas en los puntos de análisis (25%,50%, y 75%) de los proyectos sobre-estimados y subestimados, fueron afectadas en todos sus sitios de estudio por el valor mínimo de cada uno de los puntos de análisis, dado que algunos de los valores de desviación son negativos y el software Minitab no permite el ingreso de valores de este tipo; a cada uno de los datos que se encuentran inmersos en cada punto de análisis mencionado anteriormente se le restó el valor mínimo, de esta manera los datos fueron trasladados para poder obtener las distribuciones de probabilidad para realizar el estudio.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

[1] Revista ARQHYS.com. Obtenido 10, 2016, [En línea]. [Citado el 27 de Diciembre de 2015]. Disponible en: (<http://www.arqhys.com/construccion/sobrecosto-trabajos-construccion.html>).

[2] Mejía A., G., & Franco Duran, D. M. (2015). Assessment of Forecasting: A comparison of Timeliness Indexes for Construction Projects. 35th International Symposium on Forecasting. Riverside, California. Estados Unidos.

[3] Revista El Heraldo (2014) “Retraso y sobrecosto del distribuidor vial de poza Rica”[En línea]. [citado el 29 de Diciembre de 2015]. Disponible en: (<http://elheraldodeveracruz.com.mx/estado/estatal/18065-piden-investigar-retraso-y-sobre-costo-del-distribuidor-vial-de-poza-rica.html>).

[4] Revista Semana (2015) “El vergonzoso incumplimiento del constructor del túnel de la línea”. [En línea]. [citado el 29 de Diciembre de 2015]. Disponible en: (<http://www.semana.com/nacion/articulo/tunel-de-la-linea-sobrecosto-de-400000millones/415991-3>).

[5] El Espectador (2010). “Pecados de la fase III de Transmilenio” Periódico El Espectador [En línea]. [citado el 11 de Diciembre de 2015]. Disponible en: (<http://www.elespectador.com/noticias/bogota/pecados-de-fase-iii-de-transmilenio-articulo-216905>).

[6] Badii, M. H. y J. Castillo* (Probabilistic distributions of common use) International Journal of Good Conscience. 4(1): 149-178. Marzo 2009. ISSN 1870-557X.

[7] Minitab 17.(2015). “Soporte Minitab 2017” [En línea]. [citado el 23 de Marzo de 2016]. Disponible en: ([http://support.minitab.com/es-mx/minitab/17/topic-library/basic-statistics-and-graphs/probability-distributions-and-random-data/data/calculating-probabilities-for-different-distributions/.](http://support.minitab.com/es-mx/minitab/17/topic-library/basic-statistics-and-graphs/probability-distributions-and-random-data/data/calculating-probabilities-for-different-distributions/))

[8] Abramson, Norman: Teoría de la información y codificación. Quinta Edición. 1981. Editorial Paraninfo.

[9] Singh, V. P. (2014). Entropy theory in hydraulic engineering: An introduction. Reston, Virginia: ASCE.

[10] Mejía A., G., & Franco Duran, D. M. (2016). Entropía como índice de gestión para proyectos de construcción, Gestión de la construcción.

BIBLIOGRAFIA

ABRAMSON, Norman: Teoría de la información y codificación. Quinta Edición. 1981. Editorial Paraninfo.

BADII, M. H. Y J. CASTILLO* (Probabilistic distributions of common use) International Journal of Good Conscience. 4(1): 149-178. Marzo 2009. ISSN 1870-557X.

EL ESPECTADOR “Pecados de la fase III de Transmilenio” Periódico El Espectador 2010. [En línea]. [citado el 11 de Diciembre de 2015]. Disponible en: (<http://www.elespectador.com/noticias/bogota/pecados-de-fase-iii-de-transmilenio-articulo-216905>).

MEJÍA A., G., & FRANCO DURAN, D. M. Assessment of Forecasting: A comparison of Timeliness Indexes for Construction Projects. 35th International Symposium on Forecasting. Riverside, California. Estados Unidos. 2015.

MEJÍA A., G., & FRANCO DURAN, D. M. Entropía como índice de gestión para proyectos de construcción, Gestión de la construcción. 2016.

MINITAB 17. “Soporte Minitab 2017” [En línea]. [citado el 23 de Marzo de 2016]. Disponible en: ([http://support.minitab.com/es-mx/minitab/17/topic-library/basic-statistics-and-graphs/probability-distributions-and-random-data/data/calculating-probabilities-for-different-distributions/.](http://support.minitab.com/es-mx/minitab/17/topic-library/basic-statistics-and-graphs/probability-distributions-and-random-data/data/calculating-probabilities-for-different-distributions/))

REVISTA ARQHYS.COM. Obtenido 10, 2016, [En línea]. [Citado el 27 de Diciembre de 2015]. Disponible en: (<http://www.arqhys.com/construccion/sobrecosto-trabajos-construccion.html>).

REVISTA EL HERALDO “Retraso y sobrecosto del distribuidor vial de poza Rica” 2014. [En línea]. [citado el 29 de Diciembre de 2015]. Disponible en: (<http://elheraldodeveracruz.com.mx/estado/estatal/18065-piden-investigar-retraso-ysobre-costo-del-distribuidor-vial-de-poza-rica.html>).

REVISTA SEMANA. El vergonzoso incumplimiento del constructor del túnel de la línea”.2015. [En línea]. [citado el 29 de Diciembre de 2015]. Disponible en: (<http://www.semana.com/nacion/articulo/tunel-de-la-linea-sobrecosto-de-400000millones/415991-3>).

SINGH, V. P. Entropy theory in hydraulic engineering: An introduction. Reston, Virginia: ASCE. 2014.

ANEXOS

Anexo A. Información de los 135 proyectos analizados con las desviaciones en cada uno de sus puntos.

	<u>Proyecto</u>	<u>Duración</u> <u>[Mes]</u>	<u>Costo final</u>	<u>0,00</u>	<u>0,25</u>	<u>0,50</u>	<u>0,75</u>	<u>Tipo</u> <u>Proyecto</u>
<u>Grupo</u> <u>01</u>	Proyecto 001	36	\$860.505.802	4,98	5,20	2,80	0,26	Sobre-estimado
	Proyecto 002	40	\$401.962.725	8,71	8,37	7,36	7,91	Sobre-estimado
	Proyecto 003	27	\$345.086.919	5,93	5,41	-0,49	0,13	Sobre-estimado
	Proyecto 004	30	\$818.752.110	6,92	6,90	6,00	1,00	Sobre-estimado
	Proyecto 005	29	\$877.364.545	3,51	3,49	3,17	0,01	Sobre-estimado
	Proyecto 006	21	\$115.655.570	35,75	33,30	33,30	29,71	Sobre-estimado
	Proyecto 007	28	\$302.541.885	11,89	11,89	11,20	4,47	Sobre-estimado
	Proyecto 008	24	\$347.790.272	12,11	11,04	9,66	2,49	Sobre-estimado
	Proyecto 009	34	\$562.606.450	-0,17	-0,17	-0,32	-0,58	Sub-estimado
	Proyecto 010	27	\$337.435.187	8,17	7,05	1,73	0,81	Sobre-estimado
<u>Grupo</u> <u>02</u>	Proyecto 011	54	\$392.239	21,74	18,51	6,16	5,72	Sobre-estimado
	Proyecto 012	13	\$13.312.785	23,29	21,59	13,54	0,54	Sobre-estimado
	Proyecto 013	45	\$82.628.000	226,71	199,52	5,13	0,00	Sobre-estimado
	Proyecto 014	16	\$27.886.897	37,51	28,04	-2,73	-1,18	Sobre-estimado
	Proyecto 015	41	\$203.194.200	19,30	15,68	8,35	5,87	Sobre-estimado
	Proyecto 016	40	\$167.741.000	8,05	1,13	-0,03	0,00	Sobre-estimado
	Proyecto 017	27	\$78.150.000	82,69	19,92	6,33	0,23	Sobre-estimado
	Proyecto 018	17	\$25.366.493	681,63	65,40	7,66	-1,44	Sobre-estimado

	Proyecto	Duración [Mes]	Costo final	0,00	0,25	0,50	0,75	Tipo Proyecto	
	Proyecto 019	21	\$101.095.433	-18,86	18,86	-9,30	-2,10	Sub-estimado	
	Proyecto 020	48	\$56.663.780	6428,60	188,88	17,67	0,00	Sobre-estimado	
	Proyecto 0201	61	\$2.465.645.000	34,81	34,81	-1,96	0,08	Sobre-estimado	
Grupo 03	Proyecto 021	10	\$1.432.149	15,03	13,18	10,92	0,59	Sobre-estimado	
	Proyecto 022	6	\$6.193.758	-7,34	2,44	-0,03	0,00	Sub-estimado	
	Proyecto 023	2	\$1.027.587	2,24	0,06	-2,12	-1,06	Sobre-estimado	
	Proyecto 024	12	\$2.088.895	5,18	3,29	0,68	0,00	Sobre-estimado	
	Proyecto 025	6	\$4.384.332	-1,92	-1,39	-1,61	0,02	Sub-estimado	
	Proyecto 026	4	\$2.087.283	9,03	-7,55	0,00	0,00	Sobre-estimado	
	Proyecto 027	6	\$16.219.501	-0,10	1,36	0,05	0,00	Sub-estimado	
	Proyecto 028	14	\$9.131.324	887,17	-	35,96	0,00	0,00	Sobre-estimado
	Proyecto 029	10	\$274.745	747,77	-3,73	0,00	0,00	Sobre-estimado	
	Proyecto 030	12	\$583.539	13,79	0,00	0,00	0,00	Sobre-estimado	
Grupo 04	Proyecto 031	39	\$175.000.000	47,06	47,06	47,06	0,00	Sobre-estimado	
	Proyecto 032	41	\$185.000.000	42,31	42,31	42,31	0,00	Sobre-estimado	
	Proyecto 033	30	\$575.800.000	71,37	71,37	71,37	71,37	Sobre-estimado	
	Proyecto 034	43	\$119.000.000	2,59	25,58	0,00	0,00	Sobre-estimado	
	Proyecto 035	33	\$1.172.000.000	5,40	5,40	5,40	5,40	Sobre-estimado	
	Proyecto 036	43	\$1.301.000.000	38,26	38,26	38,26	0,00	Sobre-estimado	
	Proyecto 037	44	\$1.189.000.000	10,09	10,09	10,09	10,09	Sobre-estimado	
	Proyecto 038	41	\$940.760.000	22,42	22,42	22,42	5,60	Sobre-estimado	
	Proyecto 039	58	\$697.120.000	18,21	18,21	18,21	18,21	Sobre-estimado	
	Proyecto 040	57	\$928.619.000	81,04	81,04	81,04	0,00	Sobre-estimado	
	Proyecto 0401	30	\$52.300.000	190,56	0,00	0,00	0,00	Sobre-estimado	

	Proyecto	Duración [Mes]	Costo final	0,00	0,25	0,50	0,75	Tipo Proyecto
	Proyecto 0402	53	\$153.100.000	101,13	70,49	0,00	0,00	Sobre-estimado
Grupo 05	Proyecto 041	44	\$1.026.000.000	-8,49	-8,49	-4,08	0,79	Sub-estimado
	Proyecto 042	25	\$168.809.388	-43,02	25,33	16,17	-4,84	Sub-estimado
	Proyecto 043	18	\$195.800.000	-43,11	38,87	23,46	23,11	Sub-estimado
	Proyecto 044	21	\$38.802	18,18	32,22	27,68	2,58	Sobre-estimado
	Proyecto 045	48	\$3.710	6,25	10,29	7,41	3,94	Sobre-estimado
	Proyecto 046	21	\$113	-27,23	27,23	19,43	-7,44	Sub-estimado
	Proyecto 047	23	\$93.000.000	-19,13	19,13	19,13	-7,92	Sub-estimado
	Proyecto 048	21	\$270.100.000	42,16	50,06	20,53	15,43	Sobre-estimado
	Proyecto 049	49	\$1.010.030.534	37,33	39,24	23,35	3,48	Sobre-estimado
	Proyecto 050	66	\$11.158.664	19,72	18,43	6,73	-0,56	Sobre-estimado
	Grupo 06	Proyecto 051	41	\$308.100.870	-0,22	-0,11	4,36	2,30
Proyecto 052		37	\$329.959.190	31,73	30,62	11,84	2,12	Sobre-estimado
Proyecto 053		44	\$30.494.036	662,35	60,43	25,82	1,49	Sobre-estimado
Proyecto 054		37	\$50.459.744	1918,39	42,48	15,65	5,44	Sobre-estimado
Proyecto 055		49	\$37.929.884	89,65	31,95	11,10	0,20	Sobre-estimado
Proyecto 056		70	\$250.000.000	300,00	300,00	138,10	0,00	Sobre-estimado
Proyecto 057		18	\$6.836.714	16,00	17,37	18,70	1,24	Sobre-estimado
Grupo 07	Proyecto 061	24	\$102.400.000.000	5,03	-1,25	-1,25	-1,25	Sobre-estimado
	Proyecto 062	30	\$236.007.000	20,14	18,93	17,60	4,55	Sobre-estimado
	Proyecto 064	36	\$176.600.000	2,85	2,85	2,85	1,44	Sobre-estimado
	Proyecto 065	24	\$102.400.000.000	5,03	-1,25	-1,25	-1,25	Sobre-estimado
	Proyecto 066	7	\$1.500.000.000	-44,44	44,44	44,44	36,27	Sub-estimado
	Proyecto	27	\$32.613.834	2,99	-7,24	-6,10	0,06	Sobre-

Proyecto	Duración [Mes]	Costo final	0,00	0,25	0,50	0,75	Tipo Proyecto
067							estimado
Proyecto 068	18	\$14.500.000	-4,61	-4,61	-4,61	-3,33	Sub- estimado
Proyecto 069	14	\$24.175.000	-19,68	-	-	12,0 9	Sub- estimado
Proyecto 070	24	\$88.349.886	3,94	-0,52	-0,38	0,00	Sobre- estimado
Proyecto 0701	24	\$10.715.118	0,99	0,99	-0,11	-0,11	Sobre- estimado
Grupo 08							
Proyecto 071	11	\$7.621.275	24,94	24,94	24,94	24,9 4	Sobre- estimado
Proyecto 072	32	\$1.875.000	-4,09	-4,09	-4,09	-4,09	Sub- estimado
Proyecto 073	48	\$1.900.000	100,0 0	35,71	35,71	18,7 5	Sobre- estimado
Proyecto 074	10	\$1.912.849	-12,25	-	-	-6,69	Sub- estimado
Proyecto 075	16	\$646.784	28,29	28,29	28,29	17,8 1	Sobre- estimado
Proyecto 076	17	\$5.043.000	5,15	5,15	3,13	0,00	Sobre- estimado
Proyecto 077	15	\$1.414.000	104,9 3	104,9 3	4,74	4,74	Sobre- estimado
Proyecto 078	33	\$2.360.000	8,76	8,76	8,76	-0,57	Sobre- estimado
Proyecto 079	11	\$127.000	-5,93	-5,93	-5,93	-5,93	Sub- estimado
Proyecto 080	14	\$3.610.000	44,40	7,44	7,44	-1,37	Sobre- estimado
Grupo 09							
Proyecto 081	10	\$19.700.000	-21,20	-	-	13,3 1	Sub- estimado
Proyecto 082	8	\$33.000.000	-23,26	-5,71	-5,71	0,00	Sub- estimado
Proyecto 083	8	\$2.867.000	2,39	2,39	4,25	2,76	Sobre- estimado
Proyecto 084	20	\$8.205.000	-11,77	-5,69	-5,69	-1,14	Sub- estimado
Proyecto 085	8	\$2.980.000	-9,70	-9,70	-9,70	-6,88	Sub- estimado
Proyecto 086	15	\$2.896.000	3,43	3,43	-6,58	-6,20	Sobre- estimado
Proyecto 087	20	\$12.458.000	-13,49	-	-	-0,14	Sub- estimado
Proyecto 088	7	\$3.370.000	8,71	6,16	3,72	0,08	Sobre- estimado
Proyecto 089	10	\$3.310.000	-12,89	-	-	3,44	Sub- estimado

	<u>Proyecto</u>	<u>Duración</u> <u>[Mes]</u>	<u>Costo final</u>	<u>0,00</u>	<u>0,25</u>	<u>0,50</u>	<u>0,75</u>	<u>Tipo</u> <u>Proyecto</u>
	Proyecto 090	6	\$4.687.000	-4,35	-6,22	-5,31	-4,20	Sub-estimado
	Proyecto 0901	7	\$1.797.000	28,36	19,80	14,85	3,36	Sobre-estimado
<u>Grupo 10</u>	Proyecto 091	33	\$9.094.000	-4,64	-4,64	-0,43	-0,43	Sub-estimado
	Proyecto 092	37	\$13.117.000	-17,71	16,21	16,53	-4,36	Sub-estimado
	Proyecto 093	49	\$46.227.000	-7,49	13,76	-9,32	-3,05	Sub-estimado
	Proyecto 094	53	\$34.846.000	17,00	10,93	9,59	9,59	Sobre-estimado
	Proyecto 095	48	\$115.515.000	-4,70	-3,26	0,00	0,00	Sub-estimado
	Proyecto 096	46	\$158.656.000	-3,85	-4,13	-3,78	0,00	Sub-estimado
	Proyecto 097	36	\$32.238.000	-7,25	-7,82	-1,89	-1,96	Sub-estimado
	Proyecto 098	26	\$27.593.000	2,28	0,54	-1,31	-1,33	Sobre-estimado
	Proyecto 099	46	\$25.930.000	1,89	5,53	4,05	3,78	Sobre-estimado
	Proyecto 100	18	\$18.164.000	-7,86	-7,86	-7,91	-5,45	Sub-estimado
<u>Grupo 11</u>	Proyecto 110	48	\$33.315.000	1,57	1,57	0,00	0,00	Sobre-estimado
<u>Grupo 12</u>	Proyecto 111	30	\$33.624.000	-0,23	-0,23	-0,23	-0,23	Sub-estimado
	Proyecto 112	12	\$4.402.406	1,32	1,32	-3,47	3,01	Sobre-estimado
	Proyecto 113	47	\$91.100.000	11,64	11,64	7,75	1,90	Sobre-estimado
	Proyecto 114	13	\$4.324.000	21,80	18,02	16,33	4,59	Sobre-estimado
	Proyecto 115	13	\$18.042.000	14,12	10,82	3,47	1,17	Sobre-estimado
	Proyecto 116	18	\$4.903.000	18,54	12,92	12,30	4,03	Sobre-estimado
	Proyecto 117	40	\$6.240.000	30,05	25,03	7,51	4,14	Sobre-estimado
	Proyecto 118	14	\$3.472.000	42,00	31,86	26,62	8,30	Sobre-estimado
	Proyecto 119	30	\$4.313.000	10,34	3,95	3,95	0,33	Sobre-estimado
	Proyecto 120	14	\$11.700.000	32,95	23,25	-0,81	0,00	Sobre-estimado
<u>Grupo 13</u>	Proyecto 121	6	\$1.586.426	-29,98	29,98	29,98	13,74	Sub-estimado

Proyecto	Duración [Mes]	Costo final	0,00	0,25	0,50	0,75	Tipo Proyecto	
Proyecto 122	13	\$3.012.755	11,71	11,71	11,71	0,00	Sobre-estimado	
Proyecto 123	13	\$4.774.435	-20,30	-	-	12,49	Underbudget	
Proyecto 124	25	\$20.286.287	-14,10	-	-	14,10	Underbudget	
Proyecto 127	19	\$7.850.000	21,68	8,08	8,08	0,00	Sobre-estimado	
Proyecto 128	27	\$20.286.287	-12,93	-	-	0,00	Sub-estimado	
Proyecto 129	19	\$34.684.723	-0,02	-0,02	-0,02	-6,93	Sub-estimado	
Proyecto 130	14	\$4.122.413	-1,45	-1,45	-1,45	-1,45	Sub-estimado	
Grupo 14	Proyecto 131	22	\$86.500.000	-1,14	-1,14	-1,14	-1,14	Sub-estimado
	Proyecto 132	17	\$12.254.083	-9,90	-9,90	-8,89	-7,69	Sub-estimado
	Proyecto 133	17	\$3.691.754	-14,15	-	-	12,09	Sub-estimado
	Proyecto 134	16	\$16.149.193	-13,18	-	13,18	2,21	Sub-estimado
	Proyecto 135	13	\$42.694.434	-5,12	-5,12	-5,12	-5,12	Sub-estimado
	Proyecto 136	13	\$12.457.091	-11,02	-	13,49	-8,40	Sub-estimado
	Proyecto 137	14	\$32.877.245	17,42	11,52	1,53	0,25	Sobre-estimado
Grupo 15	Proyecto 141	29	\$273.906.155	10,03	10,08	3,25	0,34	Sobre-estimado
	Proyecto 142	52	\$542.923.946	25,40	25,37	-0,91	-2,65	Sobre-estimado
	Proyecto 143	32	\$669.919.602	24,23	21,34	10,66	1,19	Sobre-estimado
	Proyecto 144	35	\$901.386.633	-8,57	-7,30	-0,20	-3,99	Sub-estimado
	Proyecto 145	26	\$285.439.256	-4,24	-7,21	-5,22	-0,22	Sub-estimado
	Proyecto 146	52	\$633.249.358	41,04	14,78	1,23	1,24	Sobre-estimado
	Proyecto 147	35	\$1.247.781.795	-12,89	-5,74	-3,95	-2,57	Sub-estimado
	Proyecto 148	42	\$466.789.738	-0,94	-0,94	-1,15	-1,51	Sub-estimado

Anexo B. Valores de Probabilidad según los datos de desviación de cada uno de los puntos de los 135 proyectos.

Datos ajustados						
<u>Grupo</u>	<u>Proyecto</u>	<u>Duración</u>	<u>0,00</u>	<u>0,25</u>	<u>0,50</u>	<u>0,75</u>
			Probabilidad cola izquierda	Probabilidad cola izquierda	Probabilidad cola izquierda	Probabilidad cola izquierda
<u>Grupo 01</u>	Proyecto 001	36	0,192	0,241	0,3248	0,3436
	Proyecto 002	40	0,328	0,342	0,5343	0,8909
	Proyecto 003	27	0,229	0,247	0,1644	0,3276
	Proyecto 004	30	0,266	0,294	0,4772	0,4311
	Proyecto 005	29	0,131	0,191	0,3431	0,3136
	Proyecto 006	21	0,816	0,889	0,9302	0,9962
	Proyecto 007	28	0,424	0,455	0,6659	0,7496
	Proyecto 008	24	0,430	0,428	0,6186	0,5919
	Proyecto 010	27	0,309	0,299	0,2710	0,4085
	<u>Grupo 02</u>	Proyecto 011	54	0,642	0,646	0,4841
Proyecto 012		13	0,667	0,717	0,7250	0,3752
Proyecto 014		16	0,831	0,829	0,0764	0,1844
Proyecto 015		41	0,597	0,570	0,5726	0,8232
Proyecto 016		40	0,305	0,130	0,1853	0,3129
Proyecto 017		27	0,980	0,679	0,4918	0,3399
Proyecto 0201		61	0,808	0,902	0,1034	0,3227
<u>Grupo 03</u>	Proyecto 021	10	0,505	0,496	0,6577	0,3824
	Proyecto 023	2	0,074	0,105	0,0973	0,1948
	Proyecto 024	12	0,200	0,186	0,2193	0,3129
	Proyecto 026	4	0,338	0,012	0,1869	0,3129
	Proyecto 030	12	0,475	0,105	0,1869	0,3129
<u>Grupo 04</u>	Proyecto 031	39	0,893	0,966	0,9645	0,3129
	Proyecto 032	41	0,866	0,948	0,9560	0,3129
	Proyecto 033	30	0,966	0,996	0,9854	0,9998
	Proyecto 034	43	0,090	0,167	0,1869	0,3129
	Proyecto 035	33	0,209	0,247	0,4501	0,8011
	Proyecto 036	43	0,837	0,927	0,9464	0,3129
	Proyecto 037	44	0,371	0,398	0,6325	0,9324
	Proyecto 038	41	0,653	0,734	0,8618	0,8111

Datos ajustados						
<u>Grupo</u>	<u>Proyecto</u>	<u>Duración</u>	<u>0,00</u>	<u>0,25</u>	<u>0,50</u>	<u>0,75</u>
			Probabilidad cola izquierda	Probabilidad cola izquierda	Probabilidad cola izquierda	Probabilidad cola izquierda
	Proyecto 039	58	0,576	0,638	0,8117	0,9840
	Proyecto 040	57	0,978	0,998	0,9890	0,3129
<u>Grupo 05</u>	Proyecto 044	21	0,575	0,878	0,9025	0,6011
	Proyecto 045	48	0,241	0,404	0,5366	0,7142
	Proyecto 048	21	0,865	0,974	0,8392	0,9751
	Proyecto 049	49	0,830	0,933	0,8699	0,6799
	Proyecto 050	66	0,605	0,644	0,5086	0,2494
<u>Grupo 06</u>	Proyecto 052	37	0,778	0,861	0,6838	0,5553
	Proyecto 055	49	0,985	0,875	0,6627	0,3368
	Proyecto 057	18	0,528	0,615	0,8186	0,4587
<u>Grupo 07</u>	Proyecto 061	24	0,194	0,081	0,1314	0,1771
	Proyecto 062	30	0,613	0,656	0,8027	0,7548
	Proyecto 064	36	0,102	0,174	0,3275	0,4809
	Proyecto 065	24	0,194	0,081	0,1314	0,1771
	Proyecto 067	27	0,108	0,014	0,0071	0,3193
	Proyecto 070	24	0,150	0,094	0,1693	0,3129
	Proyecto 0701	24	0,013	0,127	0,1819	0,3004
<u>Grupo 08</u>	Proyecto 071	11	0,693	0,781	0,8837	0,9935
	Proyecto 073	48	0,991	0,909	0,9388	0,9852
	Proyecto 075	16	0,738	0,832	0,9062	0,9829
	Proyecto 076	17	0,199	0,240	0,3414	0,3129
	Proyecto 078	33	0,329	0,354	0,5874	0,2188
	Proyecto 080	14	0,878	0,312	0,5376	0,1664
<u>Grupo 09</u>	Proyecto 083	8	0,081	0,161	0,3965	0,6177
	Proyecto 086	15	0,128	0,189	0,0036	0,0002
	Proyecto 088	7	0,327	0,270	0,3691	0,3216
	Proyecto 0901	7	0,739	0,677	0,7499	0,6666
<u>Grupo 10</u>	Proyecto 094	53	0,550	0,425	0,6162	0,9249
	Proyecto 098	26	0,076	0,117	0,1290	0,1695
	Proyecto 099	46	0,058	0,251	0,3866	0,7027
<u>Grupo 11</u>	Proyecto 110	48	0,042	0,141	0,1869	0,3129
<u>Grupo 12</u>	Proyecto 112	12	0,030	0,135	0,0541	0,6401
	Proyecto 113	47	0,417	0,448	0,5497	0,5321

Datos ajustados						
<u>Grupo</u>	<u>Proyecto</u>	<u>Duración</u>	<u>0,00</u>	<u>0,25</u>	<u>0,50</u>	<u>0,75</u>
			Probabilidad cola izquierda	Probabilidad cola izquierda	Probabilidad cola izquierda	Probabilidad cola izquierda
	Proyecto 114	13	0,643	0,633	0,7802	0,7512
	Proyecto 115	13	0,483	0,417	0,3582	0,4493
	Proyecto 116	18	0,582	0,488	0,6959	0,7206
	Proyecto 117	40	0,759	0,782	0,5405	0,7280
	Proyecto 118	14	0,864	0,875	0,8958	0,9001
	Proyecto 119	30	0,379	0,204	0,3819	0,3512
	Proyecto 120	14	0,790	0,735	0,1505	0,3129
	<u>Grupo 13</u>	Proyecto 122	13	0,419	0,450	0,6802
Proyecto 127		19	0,641	0,332	0,5626	0,3129
<u>Grupo 14</u>	Proyecto 137	14	0,559	0,443	0,2613	0,3427
<u>Grupo 15</u>	Proyecto 141	29	0,370	0,397	0,3460	0,3523
	Proyecto 142	52	0,699	0,788	0,1458	0,0696
	Proyecto 143	32	0,682	0,712	0,6502	0,4530
	Proyecto 146	52	0,857	0,544	0,2461	0,4589

Anexo C. Cálculo de la cantidad de información para cada uno de los valores de probabilidad según datos de desviación

<u>Grupo</u>	<u>Proyecto</u>	<u>Duración</u>	<u>0%</u>	<u>25%</u>	<u>50%</u>	<u>75%</u>
<u>Grupo 01</u>	Proyecto 001	36	2,38	2,05	1,62	1,54
	Proyecto 002	40	1,61	1,55	0,90	0,17
	Proyecto 003	27	2,13	2,01	2,60	1,61
	Proyecto 004	30	1,91	1,76	1,07	1,21
	Proyecto 005	29	2,93	2,39	1,54	1,67
	Proyecto 006	21	0,29	0,17	0,10	0,01
	Proyecto 007	28	1,24	1,13	0,59	0,42
	Proyecto 008	24	1,22	1,22	0,69	0,76
	Proyecto 010	27	1,69	1,74	1,88	1,29
	<u>Grupo 02</u>	Proyecto 011	54	0,64	0,63	1,05
Proyecto 012		13	0,58	0,48	0,46	1,41
Proyecto 014		16	0,27	0,27	3,71	2,44
Proyecto 015		41	0,74	0,81	0,80	0,28
Proyecto 016		40	1,71	2,94	2,43	1,68
Proyecto 017		27	0,03	0,56	1,02	1,56
Proyecto 0201		61	0,31	0,15	3,27	1,63
<u>Grupo 03</u>	Proyecto 021	10	0,99	1,01	0,60	1,39
	Proyecto 023	2	3,75	3,25	3,36	2,36
	Proyecto 024	12	2,32	2,43	2,19	1,68
	Proyecto 026	4	1,56	6,34	2,42	1,68
	Proyecto 030	12	1,08	3,25	2,42	1,68
<u>Grupo 04</u>	Proyecto 031	39	0,16	0,05	0,05	1,68
	Proyecto 032	41	0,21	0,08	0,06	1,68
	Proyecto	30	0,05	0,01	0,02	0,00

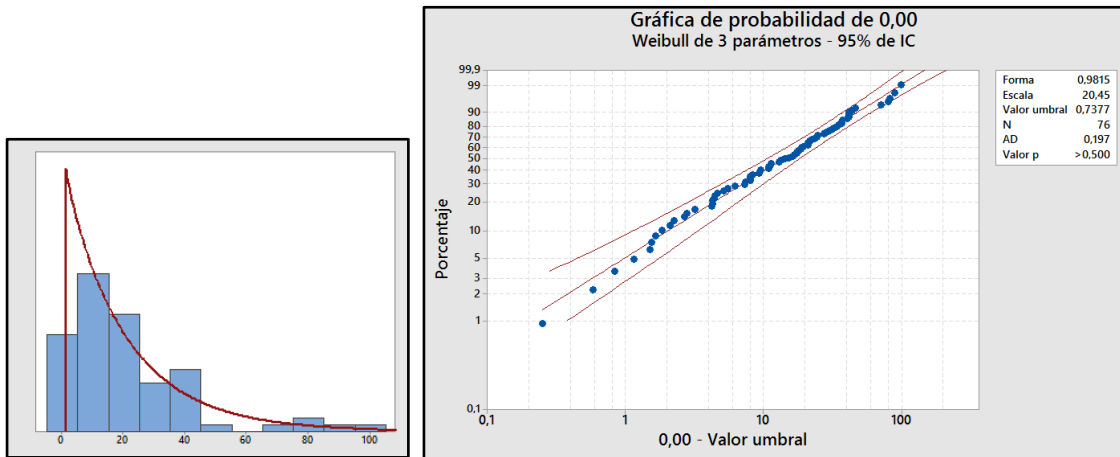
<u>Grupo</u>	<u>Proyecto</u>	<u>Dura</u> <u>ción</u>				
			<u>0%</u>	<u>25%</u>	<u>50%</u>	<u>75%</u>
	033					
	Proyecto 034	43	3,47	2,59	2,42	1,68
	Proyecto 035	33	2,26	2,02	1,15	0,32
	Proyecto 036	43	0,26	0,11	0,08	1,68
	Proyecto 037	44	1,43	1,33	0,66	0,10
	Proyecto 038	41	0,61	0,45	0,21	0,30
	Proyecto 039	58	0,80	0,65	0,30	0,02
	Proyecto 040	57	0,03	0,00	0,02	1,68
<u>Grupo 05</u>	Proyecto 044	21	0,80	0,19	0,15	0,73
	Proyecto 045	48	2,05	1,31	0,90	0,49
	Proyecto 048	21	0,21	0,04	0,25	0,04
	Proyecto 049	49	0,27	0,10	0,20	0,56
	Proyecto 050	66	0,72	0,64	0,98	2,00
<u>Grupo 06</u>	Proyecto 052	37	0,36	0,22	0,55	0,85
	Proyecto 055	49	0,02	0,19	0,59	1,57
	Proyecto 057	18	0,92	0,70	0,29	1,12
<u>Grupo 07</u>	Proyecto 061	24	2,36	3,63	2,93	2,50
	Proyecto 062	30	0,71	0,61	0,32	0,41
	Proyecto 064	36	3,29	2,53	1,61	1,06
	Proyecto 065	24	2,36	3,63	2,93	2,50
	Proyecto 067	27	3,20	6,17	7,14	1,65
	Proyecto 070	24	2,74	3,40	2,56	1,68
	Proyecto 0701	24	6,25	2,98	2,46	1,74
<u>Grupo 08</u>	Proyecto 071	11	0,53	0,36	0,18	0,01
	Proyecto 073	48	0,01	0,14	0,09	0,02
	Proyecto 075	16	0,44	0,27	0,14	0,02
	Proyecto 076	17	2,33	2,06	1,55	1,68

Grupo	Proyecto	Dura ción				
			0%	25%	50%	75%
	Proyecto 078	33	1,60	1,50	0,77	2,19
	Proyecto 080	14	0,19	1,68	0,90	2,59
<u>Grupo 09</u>	Proyecto 083	8	3,62	2,63	1,33	0,70
	Proyecto 086	15	2,97	2,40	8,13	12,62
	Proyecto 088	7	1,61	1,89	1,44	1,64
	Proyecto 0901	7	0,44	0,56	0,42	0,59
<u>Grupo 10</u>	Proyecto 094	53	0,86	1,24	0,70	0,11
	Proyecto 098	26	3,71	3,10	2,96	2,56
	Proyecto 099	46	4,12	1,99	1,37	0,51
<u>Grupo 11</u>	Proyecto 110	48	4,56	2,83	2,42	1,68
<u>Grupo 12</u>	Proyecto 112	12	5,06	2,89	4,21	0,64
	Proyecto 113	47	1,26	1,16	0,86	0,91
	Proyecto 114	13	0,64	0,66	0,36	0,41
	Proyecto 115	13	1,05	1,26	1,48	1,15
	Proyecto 116	18	0,78	1,04	0,52	0,47
	Proyecto 117	40	0,40	0,35	0,89	0,46
	Proyecto 118	14	0,21	0,19	0,16	0,15
	Proyecto 119	30	1,40	2,29	1,39	1,51
	Proyecto 120	14	0,34	0,44	2,73	1,68
<u>Grupo 13</u>	Proyecto 122	13	1,26	1,15	0,56	1,68
	Proyecto 127	19	0,64	1,59	0,83	1,68
<u>Grupo 14</u>	Proyecto 137	14	0,84	1,18	1,94	1,54
<u>Grupo 15</u>	Proyecto 141	29	1,44	1,33	1,53	1,51
	Proyecto 142	52	0,52	0,34	2,78	3,84
	Proyecto 143	32	0,55	0,49	0,62	1,14
	Proyecto 146	52	0,22	0,88	2,02	1,12

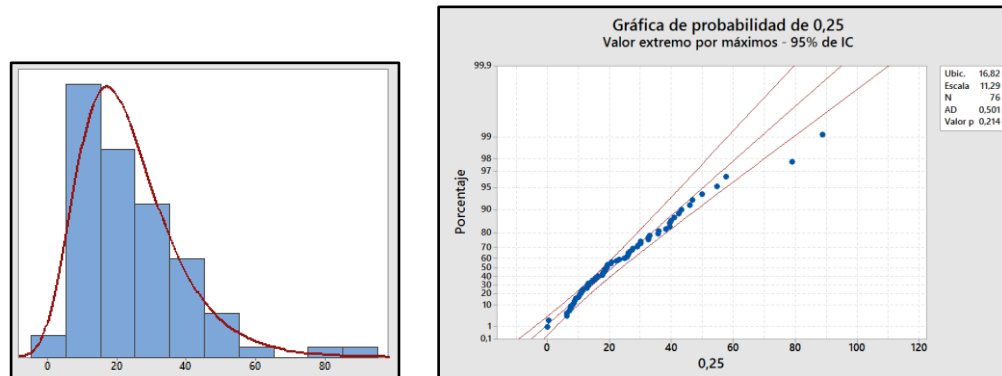
<u>Grupo</u>	<u>Proyecto</u>	<u>Duración</u>	<u>0%</u>	<u>25%</u>	<u>50%</u>	<u>75%</u>
--------------	-----------------	-----------------	-----------	------------	------------	------------

Anexo D. Ajuste de las distribuciones en los puntos de análisis proyectos sobre-estimados.

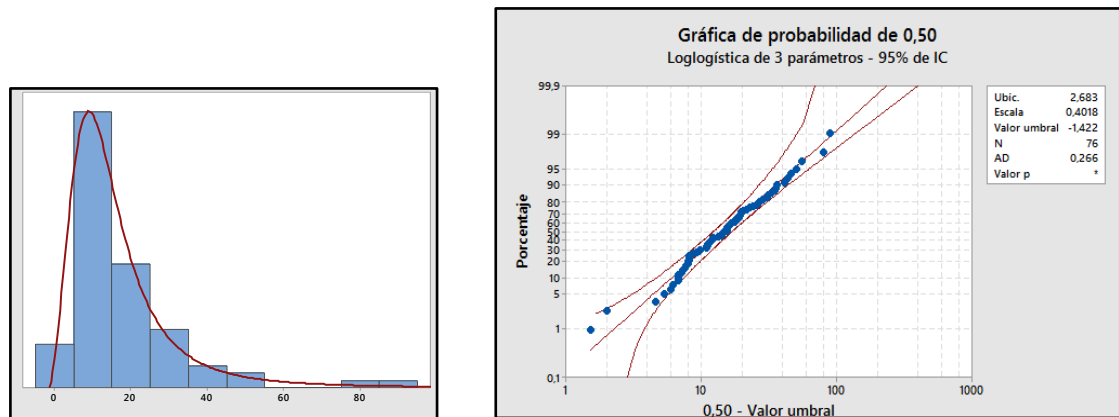
DESVIACIÓN AL 0% (WEIBULL DE TRES PARAMETROS).



DESVIACIÓN AL 25% (VALOR EXTREMO POR MÁXIMOS).

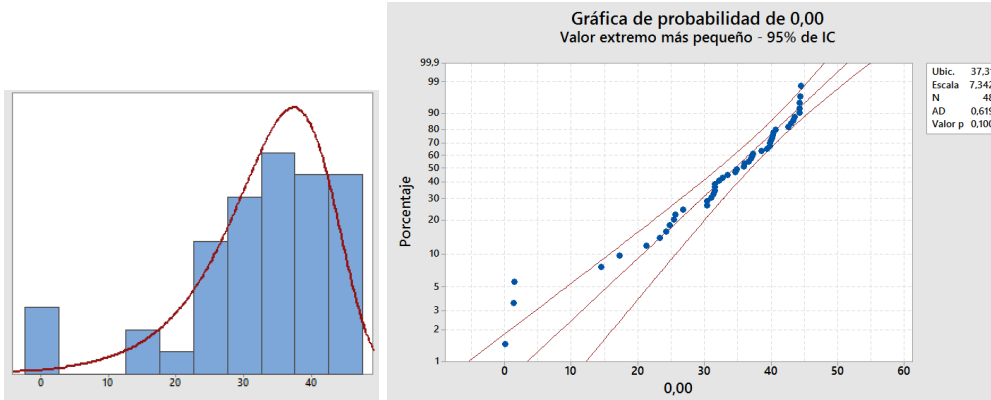


DESVIACIÓN AL 50% (LOG LOGÍSTICA DE TRES PARÁMETROS)

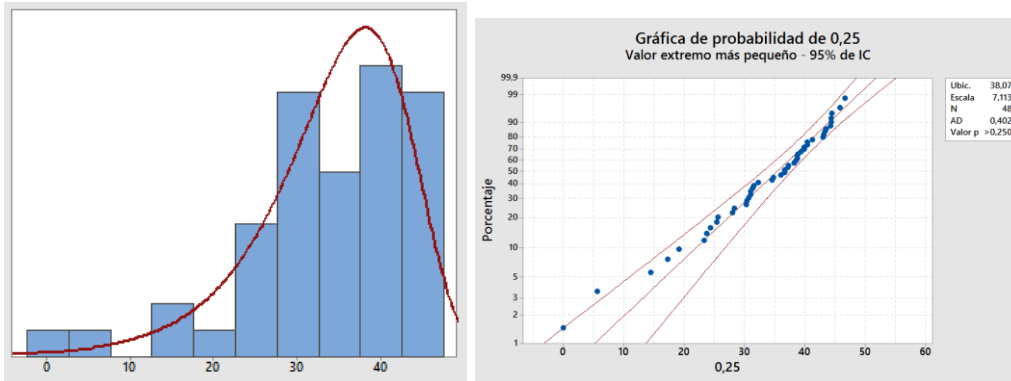


Anexo E. Ajuste de las distribuciones en los puntos de análisis proyectos sub-estimados

DESVIACIÓN AL 0% (VALOR EXTREMO MAS PEQUEÑO).



DESVIACIÓN AL 25% (VALOR EXTREMO MAS PEQUEÑO).



DESVIACIÓN AL 50% (VALOR EXTREMO MAS PEQUEÑO).

