

ANEXO 1. SIMULACIÓN DEL FLUJO ACTUAL DE ABASTECIMIENTOS A  
PROYECTOS EN ECOPETROL

**Contenido**

ILUSTRACIONES .....	1
TABLAS .....	3
DESCRIPCION DEL MODELO.....	4
ANÁLISIS DE ENTRADA .....	5
TAMAÑO DE LA MUESTRA.....	5
Pruebas de independencia .....	6
Prueba nube de puntos.....	6
Prueba de Rachas .....	15
Pruebas de bondad y ajuste .....	20
DISEÑO DEL LAYOUT .....	49
RESULTADOS:.....	49
CONCLUSIONES DEL MODELO.....	54

## ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Diagrama de flujo para simulación de actividades. (Autoría Propia) .....	4
Ilustración 2: Nube de puntos TEA Instrumentación .....	8
Ilustración 3: Nube de puntos Cantidad orden de pedidos instrumentación .....	8
Ilustración 4: Nube de puntos TEA Accesorio tubería.....	8
Ilustración 5: Nube de puntos Cantidad orden de pedidos accesorio tubería.....	9
Ilustración 6: Nube de puntos TEA Bombas.....	9
Ilustración 7: Nube de puntos Cantidad orden de pedidos Bombas.....	9
Ilustración 8: Nube de puntos TEA Válvulas.....	10
Ilustración 9: Nube de puntos Cantidad orden de pedidos Válvulas.....	10
Ilustración 10: Tiempo en la bodega Instrumentación .....	10
Ilustración 11: Cantidad de pedidos en bodega instrumentación .....	11
Ilustración 12: Tiempo en la bodega accesorio tubería.....	11
Ilustración 13: Cantidad de pedidos en bodega accesorio tubería.....	11
Ilustración 14: Tiempo en la bodega bombas.....	12
Ilustración 15: Cantidad de pedidos en bodega bombas .....	12
Ilustración 16: Tiempo en la bodega válvulas.....	12
Ilustración 17: Cantidad de pedidos en bodega válvulas .....	13
Ilustración 18: Tiempo de instalación para la instrumentación.....	13
Ilustración 19: Cantidades de productos instalados para el producto instrumentación .....	13
Ilustración 20: Tiempo de instalación para accesorio tubería .....	14
Ilustración 21: Cantidades de productos instalados para el producto accesorio tubería .....	14
Ilustración 22: Tiempo de instalación para bombas.....	14
Ilustración 23: Cantidades de productos instalados para el producto bombas .....	15
Ilustración 24: Tiempo de instalación para válvulas .....	15
Ilustración 25: Cantidades de productos instalados para el producto Válvulas .....	15
Ilustración 26: FDP TEA Instrumentación.....	21
Ilustración 27: Histograma FDP Instrumentación.....	21
Ilustración 28: FDP Cantidad de orden de pedido Instrumentación.....	22
Ilustración 29: Histograma cantidad de orden de pedido Instrumentación .....	22
Ilustración 30: FDP TEA Accesorio Tubería .....	23
Ilustración 31: Histograma TEA Accesorio tubería .....	23
Ilustración 32: FDP Cantidad de orden de pedido accesorio tubería .....	24
Ilustración 33: Histograma cantidad de orden de pedido accesorio tubería.....	25
Ilustración 34: FDP TEA Bombas .....	25
Ilustración 35: Histograma TEA Bombas .....	26
Ilustración 36: FDP Cantidad de orden de pedido bombas .....	27
Ilustración 37: Histograma cantidad de orden de pedido bombas.....	27
Ilustración 38: FDP TEA Válvulas .....	28
Ilustración 39: Histograma TEA Válvulas .....	28
Ilustración 40: FDP Cantidad de orden de pedido válvulas .....	29

Ilustración 41: Histograma cantidad de orden de pedido válvulas.....	29
Ilustración 42: Tiempo en bodega para el producto Instrumentación .....	30
Ilustración 43: Histograma Tiempo en bodega Instrumentación .....	31
Ilustración 44: Cantidad de producto en bodega instrumentación .....	31
Ilustración 45: Histograma cantidad de producto instrumentación.....	32
Ilustración 46: Tiempo en bodega para el producto accesorio tubería.....	32
Ilustración 47: Histograma Tiempo en bodega Accesorio tubería .....	33
Ilustración 48: Cantidad de producto en bodega accesorio tubería.....	34
Ilustración 49: Histograma cantidad de producto accesorio tubería .....	34
Ilustración 50: Tiempo en bodega para el producto bombas.....	35
Ilustración 51: Histograma Tiempo en bodega bombas .....	35
Ilustración 52: Cantidad de producto en bodega bombas.....	36
Ilustración 53: Histograma cantidad de producto accesorio bombas .....	37
Ilustración 54: Tiempo en bodega para el producto válvulas.....	37
Ilustración 55: Histograma Tiempo en bodega válvulas .....	38
Ilustración 56: Cantidad de producto en bodega válvulas.....	38
Ilustración 57: Histograma cantidad de producto válvulas .....	39
Ilustración 58: Tiempos de instalación para el producto instrumentación .....	40
Ilustración 59: Histograma Tiempo de instalación instrumentación.....	40
Ilustración 60: Cantidad de producto para instalación instrumentación .....	41
Ilustración 61: Histograma cantidad de producto para instalación instrumentación.....	41
Ilustración 62: Tiempos de instalación para el producto accesorio tubería.....	42
Ilustración 63: Histograma Tiempo de instalación accesorio tubería .....	43
Ilustración 64: Cantidad de producto para instalación bombas.....	43
Ilustración 65: Histograma cantidad de producto para instalación bombas .....	44
Ilustración 66: Tiempos de instalación para el producto bombas .....	45
Ilustración 67: Histograma Tiempo de instalación accesorio tubería .....	45
Ilustración 68: Cantidad de producto para instalación accesorio tubería .....	46
Ilustración 69: Histograma cantidad de producto para instalación bombas .....	46
Ilustración 70: Tiempos en bodega válvulas .....	47
Ilustración 71: Histograma Tiempo de instalación accesorio tubería .....	47
Ilustración 72: Cantidad de producto para instalación accesorio tubería .....	48
Ilustración 73: Histograma cantidad de producto para instalación válvulas .....	48
Ilustración 74: Diseño del Layout .....	49
Ilustración 75: Salidas por horas de las fuentes de simulación .....	50
Ilustración 76 W.I.P. ....	51
Ilustración 77 Contenido Promedio.....	52

## TABLAS

Tabla 1: Valores de los parámetros para la prueba de corridas .....	16
Tabla 2: Número de corridas para los conjuntos de datos.....	16
Tabla 3: Resultados prueba de corridas.....	18

## DESCRIPCION DEL MODELO

La Ilustración 1 presenta un esquema general, donde se muestran las principales actividades que desarrolla la empresa en la cadena de abastecimientos a proyectos; la primera tiene que ver con la solicitud de compras, entre otras válvulas, bombas, instrumentos y tubería.



**Ilustración 1 Diagrama de flujo para simulación de actividades. (Autoría Propia)**

Dentro de los parámetros del sistema se tienen los siguientes:

**Número total de materiales por tipo que pueden ser adquiridos:** es la cantidad total en unidades de elementos (válvulas, bombas, instrumentos, tubería) que va adquiriendo el proyecto para la construcción de las facilidades; esta cantidad está determinada por la estimación de proyectos similares.

**Tiempos entre arribos.** Son los tiempos de suministro para cada uno de los materiales con los que se realiza el análisis (válvulas, bombas, instrumentación, tubería); se mide como los días que demora cada elemento desde su orden de compra hasta la llegada a la bodega.

**Tiempos de procesamiento en cada área:** son los tiempos, en días, que puede demorar cada unidad según el tipo de producto (válvulas, bombas, instrumentos, tubería) en el área de almacenamiento, e instalación.

**Capacidades de tratamiento:** es la capacidad de tratamiento en los procesos de almacenamiento o construcción, número de elementos como válvulas, tubería,

instrumentación y bombas. Para el caso de la fase de construcción, puede incluir de manera referencial la revisión del número de personas o herramientas requeridas para la instalación y su rendimiento por elemento instalado (cuadrillas).

**Variabes:** Número de unidades requeridas para cada tipo de proyecto. (Unidades de abastecimiento en válvulas, bombas, tubería, instrumentos). Cantidad total de elementos requeridos para cada proyecto en particular.

**Medidas de desempeño:** Tiempo de permanencia en el sistema de un elemento (válvula, bomba, tubería o instrumento). Número total de productos en circulación según el tipo. Porcentaje de utilización de cada recurso en cada proceso. Volumen de salida.

La información fue tomada del software SAP corporativo (encargado de manejar las compras) donde se tienen los estimados de los tiempos de órdenes de productos.

En el software (encargado de procesar las órdenes de trabajo y salida de materiales) se observa el tiempo de salida de los productos en cada proceso, solicitud de abastecimiento, tiempo en bodega y tiempos de instalación.

Con la revisión de las órdenes de salida de mercancía y las órdenes de recepción se pueden observar los tiempos de transporte de cada uno de los elementos revisados. De igual manera las órdenes de trabajo permiten tener un seguimiento de la instalación de los mismos.

Esta información es restringida y debe ser tomada como información de referencia, solo para ser usada con fines académicos.

## **ANÁLISIS DE ENTRADA**

### **TAMAÑO DE LA MUESTRA**

Uno de los factores más importantes a tener en cuenta en el desarrollo de una simulación, es la toma de datos y por consiguiente la información que estos representan. El conjunto de información recolectada a partir de dichos datos debe representar, en la forma más adecuada posible, el fenómeno que se quiere modelar a partir de la simulación. Es por esto que el cálculo del tamaño de la muestra adecuado garantiza el muestreo y se constituye en un factor clave de cualquier simulación

Para el cálculo del tamaño de la muestra se utiliza la siguiente relación propuesta por Canavos (Canavos 1988) (1)

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q} \quad (1)$$

En donde

- N: es el tamaño de la población
- $Z_{\alpha}$ : Es la seguridad de la distribución normal con un 95% de confianza
- p: Proporción esperada (Normalmente se utiliza del 5%)
- q: 1-p (en este caso 1-0.05= 0.95)
- d: precisión (Se escoge un valor del 3%)

Según datos proporcionados por la empresa, el tamaño de la población se estima en 2000 operaciones de compra totales. Por lo que al reemplazar los valores en la relación anteriormente explicada se obtiene un tamaño de muestra de 200

$$n = \frac{15000 * 1.96^2 * 5\% * 95\%}{(3\%)^2 * (15000 - 1) + (1.96)^2 * 5\% * 95\%} \quad (2)$$

$$n = 200 \quad (3)$$

### **Pruebas de independencia**

Una de las condiciones que se deben cumplir desde el punto de vista estadístico para poder ajustar los datos de entrada a una distribución de probabilidad que represente su comportamiento, es la independencia entre ellos. Es decir que no exista correlación entre sí.

Existen varias formas para comprobar esta propiedad. A continuación se presenta nube de puntos y prueba de corridas realizadas a la data realizada.

### **Prueba nube de puntos**

Graficar los puntos permite llegar a una aproximación de que tan independientes pueden llegar a ser los datos. Es importante que estos puntos se dispersen a lo largo del gráfico sin que se identifiquen acumulaciones ni tendencias.

Los datos de entrada para la simulación se dividen en tres grupos importantes, mencionados a continuación:

- **Orden de pedidos:** En estos datos se identifica la fecha en la que se realiza el pedido, y la fecha de llegada del mismo. Es importante identificar que la diferencia entre éstas representa el tiempo entre arribos de llegadas al sistema. También se cuenta con la cantidad de productos que se pide.
- **Salida de bodega y carga:** En estos datos se representa la fecha en la que se ingresa el pedido a la bodega, y la fecha en la que sale de bodega, con la respectiva cantidad de producto. Esta diferencia de fechas, permite identificar el tiempo en el que permanece almacenado.
- **Instalación:** Representa la fecha a la que llega al pozo de instalación los productos, y la fecha en la que se terminan de instalar. Nuevamente la diferencia entre fechas indica el tiempo en que se realiza la instalación de estos productos, también se cuenta con la cantidad de productos instalados.

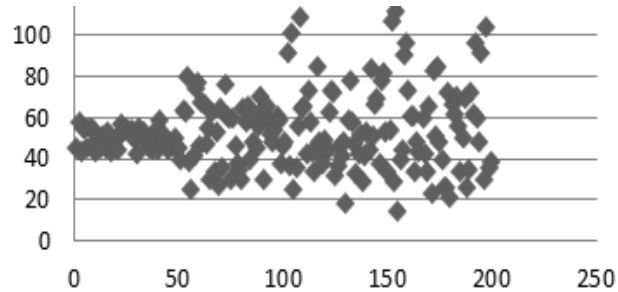
Cabe resaltar que se cuenta con los datos de los cuatro productos que representan la mayor parte del proceso de gestión de compras. Esta conclusión fue resultado de una clasificación ABC. Los cuatro productos a simular, se enuncian a continuación:

- Accesorios tubería
- Bombas
- Instrumentación
- Válvulas

Ahora bien, se muestran los resultados obtenidos al realizar la prueba de nube de puntos a los datos proporcionados por la compañía. El eje Y corresponde al tiempo de arribo en días de la variable analizada y el eje X indica el orden del dato.

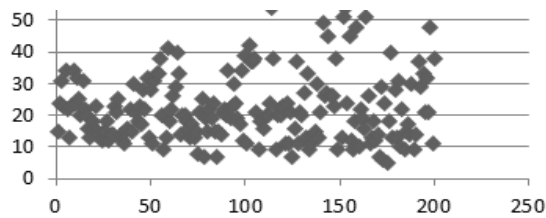


La Ilustración 2 muestra la prueba nube de puntos los tiempos entre arribos de los pedidos, en el primer grupo de datos (orden de pedidos), para el producto denominado instrumentación:



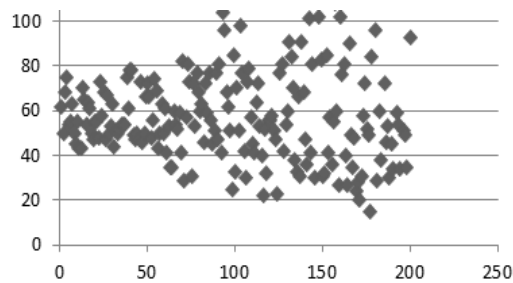
**Ilustración 2: Nube de puntos TEA Instrumentación**

La Ilustración 3 muestra la prueba nube de puntos de las cantidades de los pedidos, en el primer grupo de datos (orden de pedidos) para el producto denominado instrumentación:



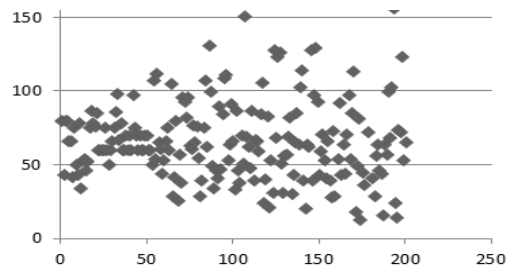
**Ilustración 3: Nube de puntos Cantidad orden de pedidos instrumentación**

La Ilustración 4 muestra la prueba nube de puntos de los tiempos entre arribos, en el primer grupo de datos (orden de pedidos) para el producto denominado accesorio tubería:



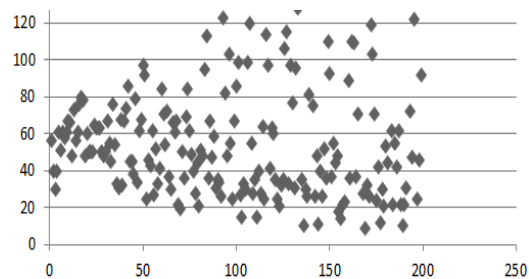
**Ilustración 4: Nube de puntos TEA Accesorio tubería**

La Ilustración 5 muestra la prueba nube de puntos de las cantidades de pedido, en el primer grupo de datos (orden de pedidos) para el producto denominado accesorio tubería:



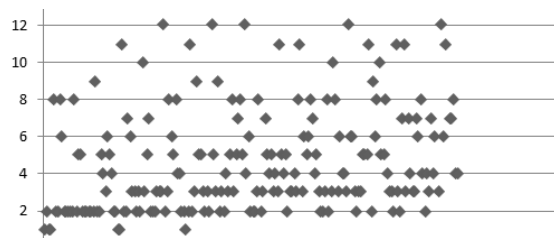
**Ilustración 5: Nube de puntos Cantidad orden de pedidos accesorio tubería**

La Ilustración 6 muestra la prueba nube de puntos de los tiempos entre arribos, en el primer grupo de datos (orden de pedidos) para el producto denominado bombas:



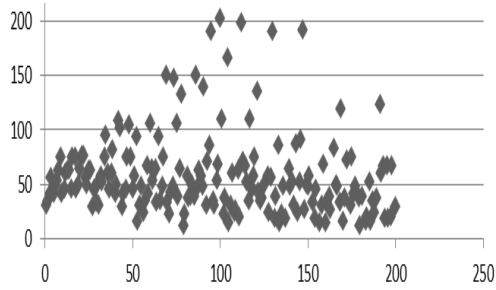
**Ilustración 6: Nube de puntos TEA Bombas**

La Ilustración 7 muestra la prueba nube de puntos de las cantidades de pedido, en el primer grupo de datos (orden de pedidos) para el producto denominado accesorio tubería:



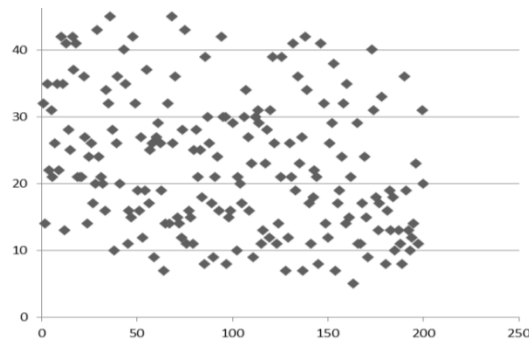
**Ilustración 7: Nube de puntos Cantidad orden de pedidos Bombas**

La Ilustración 8 muestra la prueba nube de puntos de los tiempos entre arribos, en el primer grupo de datos (orden de pedidos) para el producto denominado Válvulas:



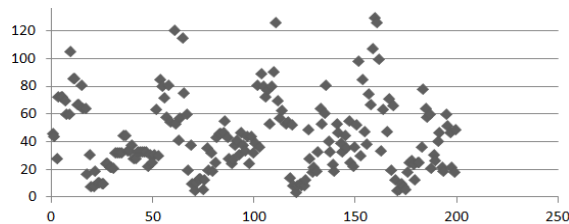
**Ilustración 8: Nube de puntos TEA Válvulas**

La Ilustración 9 muestra la prueba nube de puntos de las cantidades de pedido, en el primer grupo de datos (orden de pedidos) para el producto denominado válvulas:



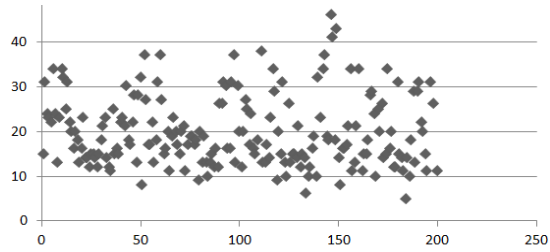
**Ilustración 9: Nube de puntos Cantidad orden de pedidos Válvulas**

La Ilustración 9 muestra la prueba nube de puntos de los tiempos entre arribos, en el segundo grupo de datos (Entrada y salida a la bodega) para el producto denominado Instrumentación:



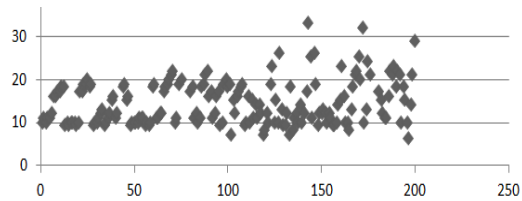
**Ilustración 10: Tiempo en la bodega Instrumentación**

La Ilustración 11 muestra la prueba nube de puntos de las cantidades de pedido, en el segundo grupo de datos (Entrada y salida a la bodega) para el producto denominado Instrumentación:



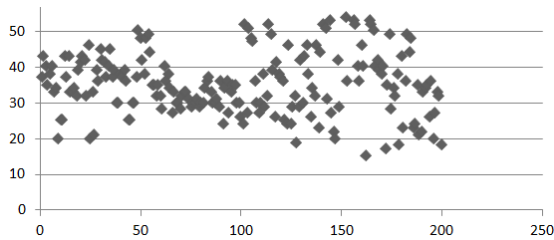
**Ilustración 11: Cantidad de pedidos en bodega instrumentación**

La Ilustración 12 muestra la prueba nube de puntos de los tiempos entre arribos, en el segundo grupo de datos (Entrada y salida a la bodega) para el producto denominado accesorio tubería:



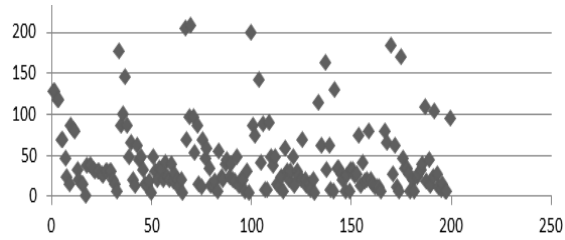
**Ilustración 12: Tiempo en la bodega accesorio tubería**

La Ilustración 13 muestra la prueba nube de puntos de las cantidades de pedido, en el segundo grupo de datos (Entrada y salida a la bodega) para el producto denominado accesorio tubería:



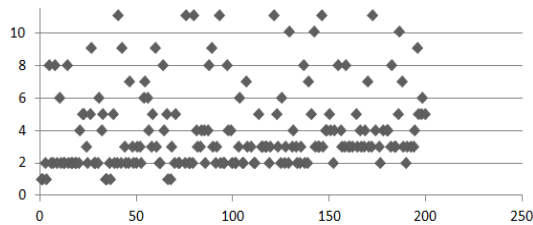
**Ilustración 13: Cantidad de pedidos en bodega accesorio tubería**

La Ilustración 14 muestra la prueba nube de puntos de los tiempos entre arribos, en el segundo grupo de datos (Entrada y salida a la bodega) para el producto denominado bombas:



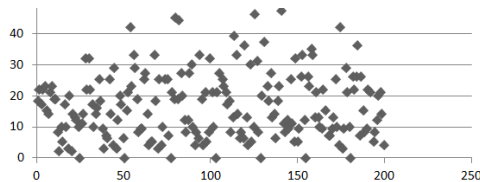
**Ilustración 14: Tiempo en la bodega bombas**

La Ilustración 15 muestra la prueba nube de puntos de las cantidades de pedido, en el segundo grupo de datos (Entrada y salida a la bodega) para el producto denominado bombas:



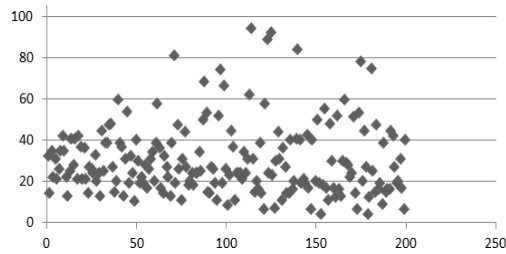
**Ilustración 15: Cantidad de pedidos en bodega bombas**

La Ilustración 16 muestra la prueba nube de puntos de los tiempos entre arribos, en el segundo grupo de datos (Entrada y salida a la bodega) para el producto denominado válvulas:



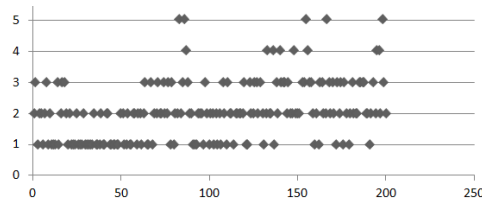
**Ilustración 16: Tiempo en la bodega válvulas**

La Ilustración 17 muestra la prueba nube de puntos de las cantidades de pedido, en el segundo grupo de datos (Entrada y salida a la bodega) para el producto denominado válvulas:



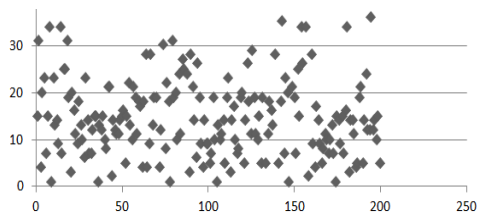
**Ilustración 17: Cantidad de pedidos en bodega válvulas**

La Ilustración 18 muestra la prueba nube de puntos de los tiempos de servicio, en el tercer grupo de datos (Instalación) que representa el tiempo que dura la instalación para el producto denominado instrumentación:



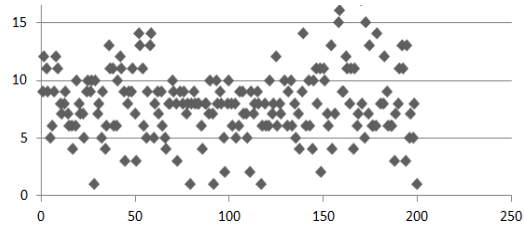
**Ilustración 18: Tiempo de instalación para la instrumentación**

La ilustración 18 muestra la prueba nube de puntos de las cantidades de productos instalados, en el tercer grupo de datos (Instalación) para el producto denominado instrumentación:



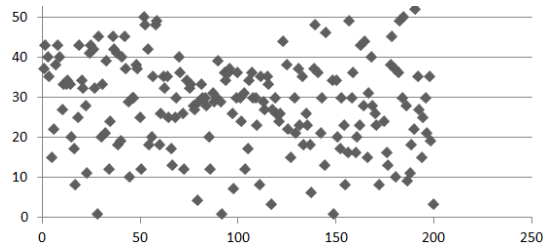
**Ilustración 19: Cantidades de productos instalados para el producto instrumentación**

La Ilustración 19 muestra la prueba nube de puntos de los tiempos de servicio, en el tercer grupo de datos (Instalación) que representa el tiempo que dura la instalación para el producto denominado accesorio tubería:



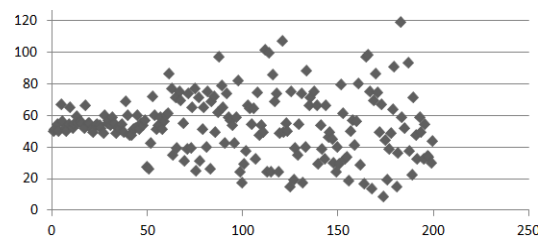
**Ilustración 20: Tiempo de instalación para accesorio tubería**

La Ilustración 21 muestra la prueba nube de puntos de las cantidades de productos instalados, en el tercer grupo de datos (Instalación) para el producto denominado accesorio tubería:



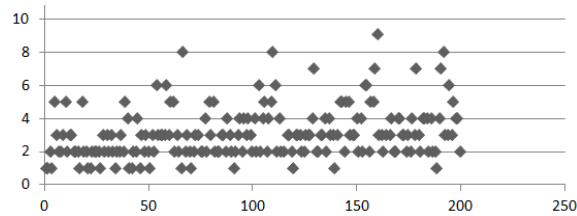
**Ilustración 21: Cantidades de productos instalados para el producto accesorio tubería**

La Ilustración 22 muestra la prueba nube de puntos de los tiempos de servicio, en el tercer grupo de datos (Instalación) que representa el tiempo que dura la instalación para el producto denominado bombas:



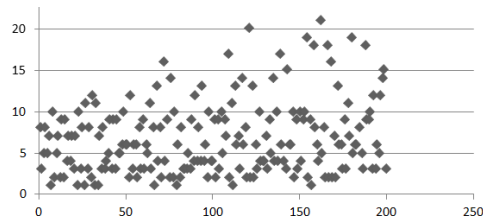
**Ilustración 22: Tiempo de instalación para bombas**

La Ilustración 23 muestra la prueba nube de puntos de las cantidades de productos instalados, en el tercer grupo de datos (Instalación) para el producto denominado bombas:



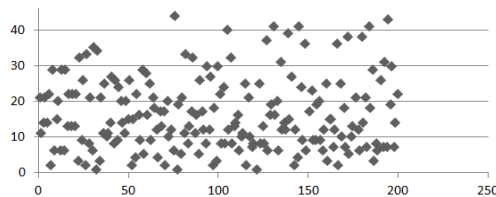
**Ilustración 23: Cantidades de productos instalados para el producto bombas**

La gráfica 23 muestra la prueba nube de puntos de los tiempos de servicio, en el tercer grupo de datos (Instalación) que representa el tiempo que dura la instalación para el producto denominado válvulas:



**Ilustración 24: Tiempo de instalación para válvulas**

La Ilustración 25 muestra la prueba nube de puntos de las cantidades de productos instalados, en el tercer grupo de datos (Instalación) para el producto denominado bombas:



**Ilustración 25: Cantidades de productos instalados para el producto Válvulas**

### **Prueba de Rachas**

Una vez realizada las pruebas de nube de puntos se procedió a corroborar esos resultados mediante la prueba de rachas. Esta prueba consiste en evaluar las rachas de aumento o decrecimiento de los datos de forma consecutiva. En primer lugar se tienen los datos en el orden aleatorio de muestreo utilizado. Posteriormente, se asigna un 1 si el dato precedente es mayor al precedente y un valor 0 si es el caso contrario.



Una vez hecha esta asignación se procede a contar las rachas, que son aquellas sucesiones seguidas de valores, tanto de unos como de ceros. Este valor nos va a permitir evaluar la independencia entre los datos tomados.

Este valor será considerado por la siguiente relación:

$C_0$ : Número de corridas o suseciones de unos y ceros

Posteriormente se procede a hallar los estadísticos para poder comparar respecto a los intervalos de confianza y la siguiente hipótesis nula:

$H_0$ : La colección de números es independiente

Ahora bien para proceder a comprobar la hipótesis nula se establece los siguientes parámetros de evaluación:

$$\mu_{C_0} = \frac{2n - 1}{3}$$

$$\sigma_{C_0} = \frac{16n - 29}{90}$$

Teniendo en cuenta que el tamaño de la muestra es  $n = 200$  se pueden tener los siguientes datos para la simulación (tabla 1):

**Tabla 1: Valores de los parámetros para la prueba de corridas**

$\mu_{C_0}$	133
$\sigma_{C_0}$	35.233333

Por último, se procede a contar el número de corridas o sucesiones para cada uno de los conjuntos de datos como se muestra a continuación

**Tabla 2: Número de corridas para los conjuntos de datos**

TIPO	Co
TEA Instrumentación	128

<b>TIPO</b>	<b>Co</b>
Cantidad de pedido instrumentación	125
TEA Accesorio Tubería	118
Cantidad de pedido accesorio tubería	121
TEA Bombas	119
Cantidad de pedido Bombas	129
TEA Válvulas	111
Cantidad de pedido válvulas	118
Tiempo en bodega Instrumentación	111
Cantidad de pedido instrumentación 2	110
Tiempo en bodega Accesorio Tubería	116
Cantidad de pedido accesorio tubería2	118
Tiempo en bodega Bombas	120
Cantidad de pedido Bombas 2	128
Tiempo en bodega Válvulas	112
Cantidad de pedido válvulas 2	110
Tiempo de instalación Instrumentación	124
Cantidad de productos instalados instrumentación	124
Tiempo de instalación Accesorio Tubería	122
Cantidad de productos instalados accesorio tubería	128
Tiempo de instalación Bombas	114
Cantidad de productos instalados Bombas	116
Tiempo de instalación Válvulas	117
Cantidad de productos instalados válvulas	110

Finalmente para completar la prueba de rachas se procede a hallar el estadístico de prueba y compararlo con el intervalo de confianza. En este caso se ha establecido un nivel del 95% de confianza para la realización de la prueba de hipótesis.

Dist N (0.025, (n-1)=199) = 1.96

Si  $P < 1.96$  No se rechaza  $H_0$ .

Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

**Tabla 3: Resultados prueba de corridas**

TIPO	Estadístico de Prueba	Resultado
<b>TEA Instrumentación</b>	-0.14191107	No se Rechaza la hipótesis nula
<b>Cantidad de pedido instrumentación</b>	-0.22705771	No se Rechaza la hipótesis nula
<b>TEA Accesorio Tubería</b>	-0.42573321	No se Rechaza la hipótesis nula
<b>Cantidad de pedido accesorio tubería</b>	-0.34058657	No se Rechaza la hipótesis nula
<b>TEA Bombas</b>	-0.39735099	No se Rechaza la hipótesis nula
<b>Cantidad de pedido Bombas</b>	-0.11352886	No se Rechaza la hipótesis nula
<b>TEA Válvulas</b>	-0.6244087	No se Rechaza la hipótesis nula
<b>Cantidad de pedido válvulas</b>	-0.42573321	No se Rechaza la hipótesis nula
<b>Tiempo en bodega Instrumentación</b>	-0.6244087	No se Rechaza la hipótesis nula
<b>Cantidad de pedido instrumentación 2</b>	-0.65279092	No se Rechaza la hipótesis nula
<b>Tiempo en bodega Accesorio Tubería</b>	-0.48249763	No se Rechaza la hipótesis nula
<b>Cantidad de pedido</b>	-0.42573321	No se Rechaza la

TIPO	Estadístico de Prueba	Resultado
<b>accesorio tubería2</b>		hipótesis nula
<b>Tiempo en bodega Bombas</b>	-0.36896878	No se Rechaza la hipótesis nula
<b>Cantidad de pedido Bombas 2</b>	-0.14191107	No se Rechaza la hipótesis nula
<b>Tiempo en bodega Válvulas</b>	-0.59602649	No se Rechaza la hipótesis nula
<b>Cantidad de pedido válvulas 2</b>	-0.65279092	No se Rechaza la hipótesis nula
<b>Tiempo de instalación Instrumentación</b>	-0.25543992	No se Rechaza la hipótesis nula
<b>Cantidad de productos instalados instrumentación</b>	-0.25543992	No se Rechaza la hipótesis nula
<b>Tiempo de instalación Accesorio Tubería</b>	-0.31220435	No se Rechaza la hipótesis nula
<b>Cantidad de productos instalados accesorio tubería</b>	-0.14191107	No se Rechaza la hipótesis nula
<b>Tiempo de instalación Bombas</b>	-0.53926206	No se Rechaza la hipótesis nula
<b>Cantidad de productos instalados Bombas</b>	-0.48249763	No se Rechaza la hipótesis nula
<b>Tiempo de instalación Válvulas</b>	-0.45411542	No se Rechaza la hipótesis nula
<b>Cantidad de productos instalados válvulas</b>	-0.65279092	No se Rechaza la hipótesis nula

### **Pruebas de bondad y ajuste**

Una vez establecida la validez de los datos tomados, se procede a uno de los puntos más importantes a realizar en una simulación que consiste en asignar una función de densidad de probabilidad a cada conjunto de datos.

Para este proceso, se utilizó el software Expert Fit, Este software es un complemento de FlexSim, un reconocido software para simulaciones de eventos discretos, y reconocido por su versatilidad y gráficos en 3D. Este software se encuentra disponible en los computadores de la Pontificia Universidad Javeriana, y se utilizó la licencia disponible para el análisis y tratamiento de datos.

Todas las distribuciones que el software proporciona como sugerencia, cumplen con las pruebas de bondad de ajuste establecidas, para aceptar la hipótesis del comportamiento de datos.

A continuación se muestra las pruebas realizadas para cada una de las colecciones de datos (TEA Tiempo entre arribos):

#### ***TEA Instrumentación***

El primer conjunto de datos analizados mediante el software correspondió al Tiempo entre arribos para el producto instrumentación:

En primer lugar se muestra la tabla con las 3 distribuciones de probabilidad sugeridas por el software con sus respectivas escalas y parámetros

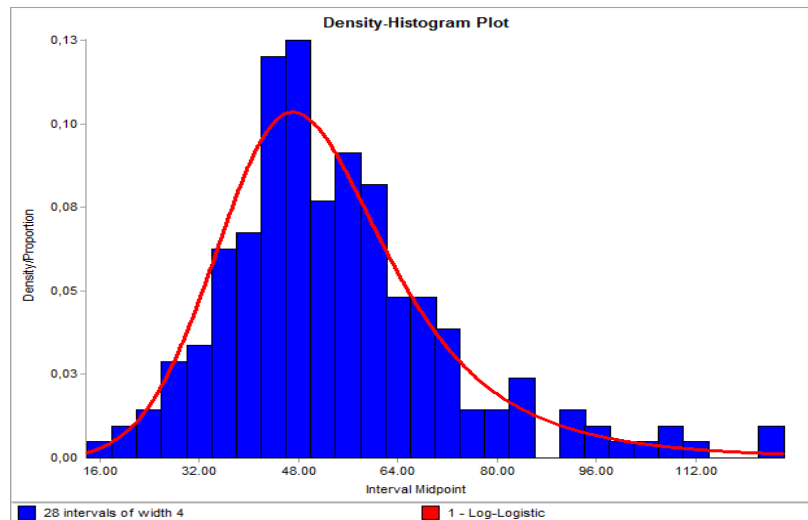
**Relative Evaluation of Candidate Models**

Model	Relative Score	Parameters
1 - Log-Logistic	99.14	Location 0.00000
		Scale 50.78641
		Shape 5.27722
2 - Log-Logistic(E)	97.41	Location 0.00392
		Scale 50.78240
		Shape 5.27678
3 - Log-Laplace(E)	88.79	Location 9.24803
		Scale 40.75197
		Shape 3.05717

30 models are defined with scores between 0.00 and 99.14

**Ilustración 26: FDP TEA Instrumentación**

Posteriormente se procede a ilustrar el histograma y la curva correspondiente al ajuste de los datos ingresados en el sistema



**Ilustración 27: Histograma FDP Instrumentación**

*Cantidad de orden de pedido Instrumentación*

El segundo conjunto de datos analizados mediante el software correspondió a las cantidades de órdenes de pedido para el producto instrumentación:

La Ilustración 28 muestra la tabla con las 3 distribuciones de probabilidad sugeridas por el software con sus respectivas escalas y parámetros.

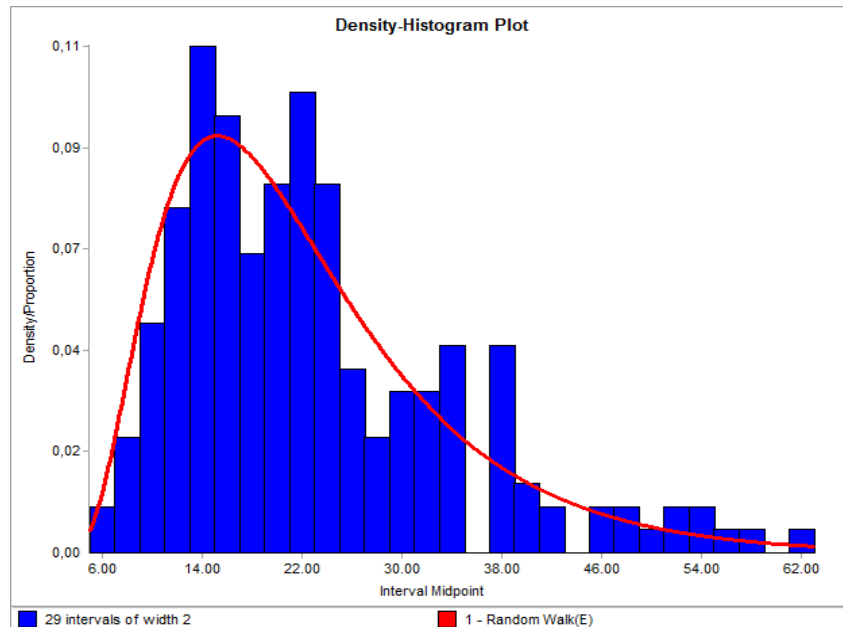
Relative Evaluation of Candidate Models

Model	Relative Score	Parameters	
1 - Random Walk(E)	95.69	Location	0.45083
		Scale	0.05857
		Shape	0.20532
2 - Random Walk	92.24	Location	0.00000
		Scale	0.05665
		Shape	0.21078
3 - Johnson SB	88.79	Lower endpoint	2.80872
		Upper endpoint	118.88498
		Shape #1	2.47607
		Shape #2	1.41510

30 models are defined with scores between 0.00 and 95.69

### Ilustración 28: FDP Cantidad de orden de pedido Instrumentación

Posteriormente se procede a ilustrar el histograma y la curva correspondiente al ajuste de los datos ingresados en el sistema



### Ilustración 29: Histograma cantidad de orden de pedido Instrumentación

#### *TEA accesorio tubería*

El tercer conjunto de datos analizados mediante el software correspondió a los tiempos entre arribos para el producto denominado accesorio tubería.

La Ilustración 30 se muestra la tabla con las 3 distribuciones de probabilidad sugeridas por el software con sus respectivas escalas y parámetros.

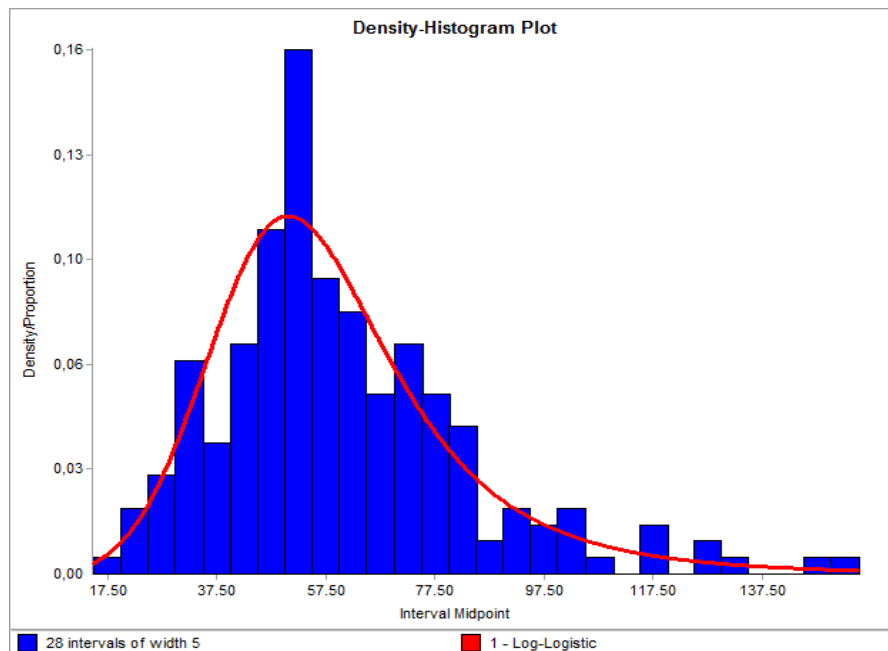
Relative Evaluation of Candidate Models

Model	Relative Score	Parameters	
1 - Log-Logistic	100.00	Location	0.00000
		Scale	55.73974
		Shape	4.65465
2 - Log-Logistic(E)	96.55	Location	0.00160
		Scale	55.73809
		Shape	4.65451
3 - Pearson Type VI	86.21	Location	0.00000
		Scale	121.75272
		Shape #1	10.29152
		Shape #2	22.02290

30 models are defined with scores between 0.00 and 100.00

### Ilustración 30: FDP TEA Accesorio Tubería

Posteriormente se procede a ilustrar el histograma y la curva correspondiente al ajuste de los datos ingresados en el sistema



### Ilustración 31: Histograma TEA Accesorio tubería



### ***Cantidad de orden de pedido accesorio tubería***

El cuarto conjunto de datos analizados mediante el software correspondió a las cantidades de órdenes de pedido para el producto accesorio tubería:

La Ilustración 32 se muestra la tabla con las 3 distribuciones de probabilidad sugeridas por el software con sus respectivas escalas y parámetros.

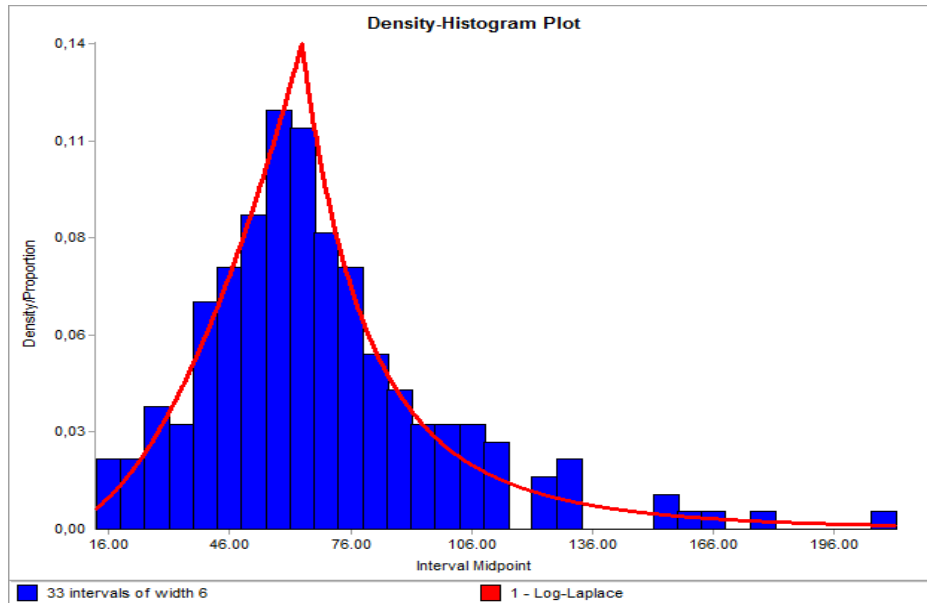
**Relative Evaluation of Candidate Models**

<b>Model</b>	<b>Relative Score</b>	<b>Parameters</b>	
<b>1 - Log-Laplace</b>	<b>100.00</b>	<b>Location</b>	<b>0.00000</b>
		<b>Scale</b>	<b>64.00000</b>
		<b>Shape</b>	<b>2.96970</b>
<b>2 - Log-Laplace(E)</b>	<b>96.15</b>	<b>Location</b>	<b>0.00139</b>
		<b>Scale</b>	<b>63.99861</b>
		<b>Shape</b>	<b>2.96962</b>
<b>3 - Log-Logistic</b>	<b>86.54</b>	<b>Location</b>	<b>0.00000</b>
		<b>Scale</b>	<b>63.03977</b>
		<b>Shape</b>	<b>4.04273</b>

**27 models are defined with scores between 0.00 and 100.00**

### **Ilustración 32: FDP Cantidad de orden de pedido accesorio tubería**

Posteriormente se procede a ilustrar el histograma y la curva correspondiente al ajuste de los datos ingresados en el sistema



**Ilustración 33: Histograma cantidad de orden de pedido accesorio tubería**

***TEA bombas***

El quinto conjunto de datos analizados mediante el software correspondió a los tiempos entre arribos para el producto denominado bombas.

Ilustración 34 muestra la tabla con las 3 distribuciones de probabilidad sugeridas por el software con sus respectivas escalas y parámetros.

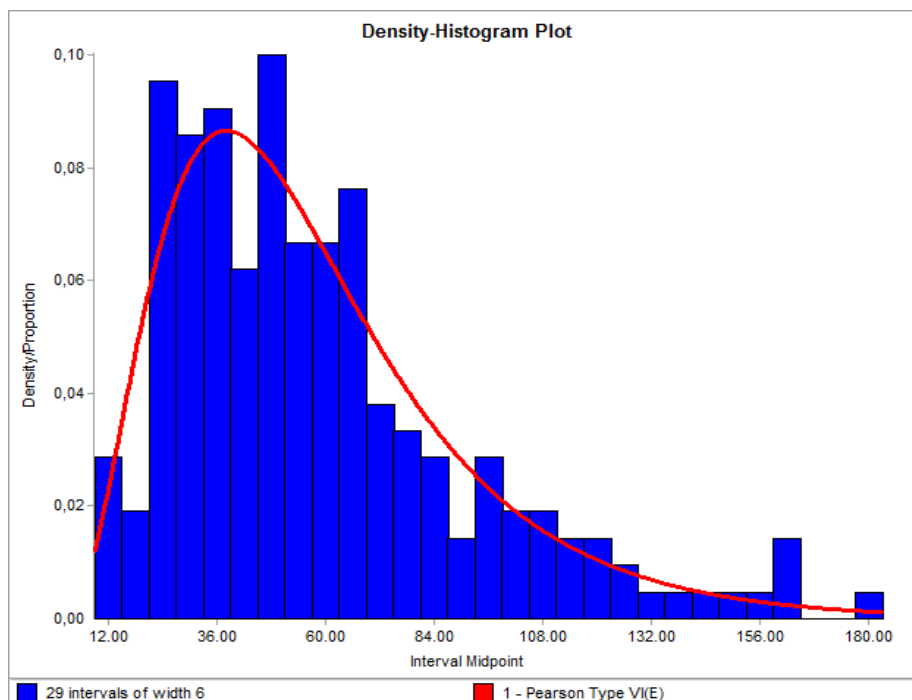
**Relative Evaluation of Candidate Models**

Model	Relative Score	Parameters
1 - Pearson Type VI(E)	93.52	Location 0.81052
		Scale 215.72908
		Shape #1 3.84706
		Shape #2 15.44123
2 - Johnson SB	93.52	Lower endpoint 0.81072
		Upper endpoint 354.64473
		Shape #1 2.52140
		Shape #2 1.39847
3 - Pearson Type VI	87.96	Location 0.00000
		Scale 189.74186
		Shape #1 4.10020
		Shape #2 14.34870

28 models are defined with scores between 0.00 and 93.52

**Ilustración 34: FDP TEA Bombas**

Posteriormente se procede a ilustrar el histograma y la curva correspondiente al ajuste de los datos ingresados en el sistema



**Ilustración 35: Histograma TEA Bombas**

***Cantidad de orden de pedido bombas***

El sexto conjunto de datos analizados mediante el software correspondió a las cantidades de órdenes de pedido para el producto bombas:

La Ilustración 36 muestra la tabla con las 3 distribuciones de probabilidad sugeridas por el software con sus respectivas escalas y parámetros.

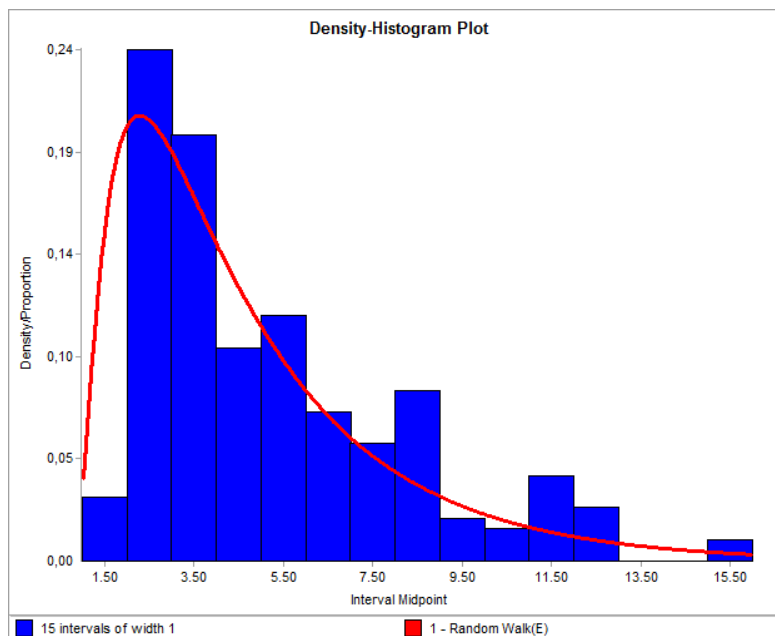
Relative Evaluation of Candidate Models

Model	Relative Score	Parameters	
1 - Random Walk(E)	90.00	Location	0.52784
		Scale	0.40461
		Shape	0.57122
2 - Johnson SB	88.00	Lower endpoint	0.77631
		Upper endpoint	18.80214
		Shape #1	1.43959
		Shape #2	0.93648
3 - Gamma(E)	84.00	Location	0.92604
		Scale	2.48812
		Shape	1.53689

26 models are defined with scores between 0.00 and 90.00

**Ilustración 36: FDP Cantidad de orden de pedido bombas**

Posteriormente se procede a ilustrar el histograma y la curva correspondiente al ajuste de los datos ingresados en el sistema



**Ilustración 37: Histograma cantidad de orden de pedido bombas**

***TEA Válvulas***

El séptimo conjunto de datos analizados mediante el software correspondió a los tiempos entre arribos para el producto denominado válvulas.

La Ilustración 38 muestra la tabla con las 3 distribuciones de probabilidad sugeridas por el software con sus respectivas escalas y parámetros.

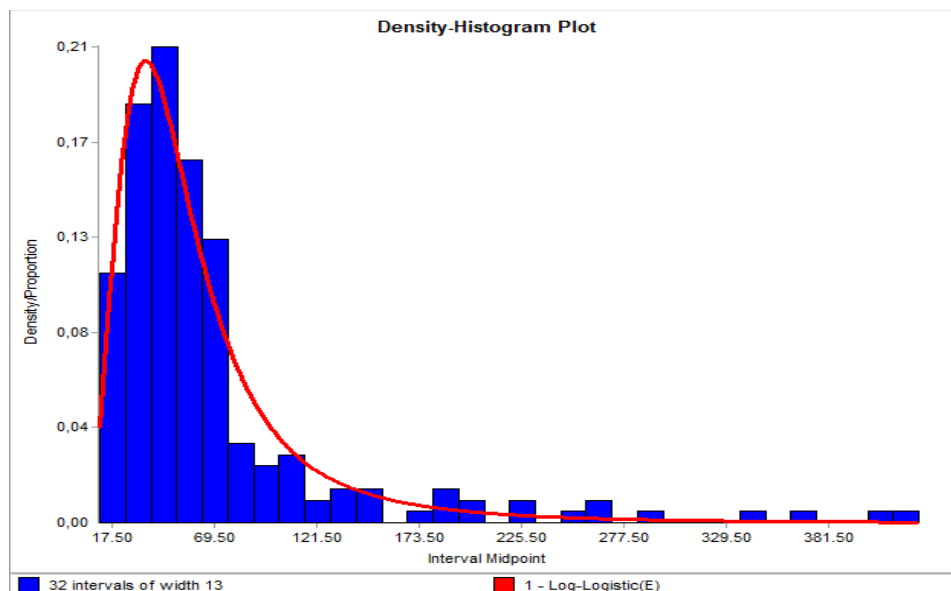
Relative Evaluation of Candidate Models

Model	Relative Score	Parameters	
1 - Log-Logistic(E)	99.00	Location	6.32976
		Scale	43.65874
		Shape	2.22264
2 - Log-Logistic	94.00	Location	0.00000
		Scale	50.64955
		Shape	2.60294
3 - Pearson Type VI	93.00	Location	0.00000
		Scale	10.22224
		Shape #1	12.91602
		Shape #2	2.90449

26 models are defined with scores between 1.00 and 99.00

### Ilustración 38: FDP TEA Válvulas

Posteriormente se procede a ilustrar el histograma y la curva correspondiente al ajuste de los datos ingresados en el sistema



### Ilustración 39: Histograma TEA Válvulas

#### *Cantidad de orden de pedido válvulas*

El octavo conjunto de datos analizados mediante el software correspondió a las cantidades de órdenes de pedido para el producto válvulas:

La Ilustración 40 muestra la tabla con las 3 distribuciones de probabilidad sugeridas por el software con sus respectivas escalas y parámetros.

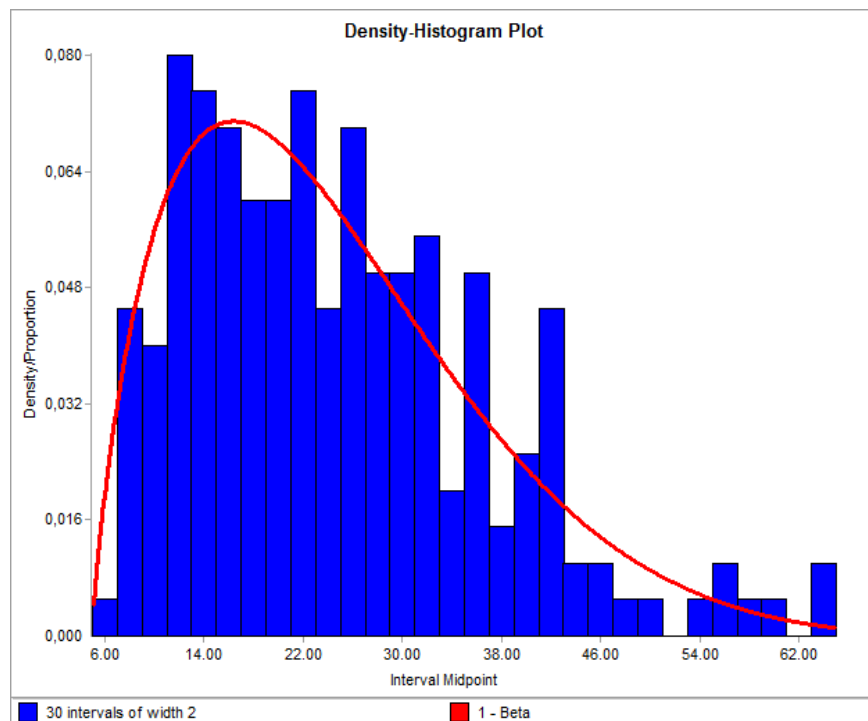
**Relative Evaluation of Candidate Models**

Model	Relative Score	Parameters	
1 - Beta	99.07	Lower endpoint	4.82176
		Upper endpoint	98.92472
		Shape #1	1.85835
		Shape #2	7.13286
2 - Weibull(E)	94.44	Location	4.89332
		Scale	21.66178
		Shape	1.64693
3 - Johnson SB	94.44	Lower endpoint	3.08708
		Upper endpoint	78.75257
		Shape #1	1.24565
		Shape #2	1.14087

28 models are defined with scores between 0.00 and 99.07

**Ilustración 40: FDP Cantidad de orden de pedido válvulas**

Posteriormente se procede a ilustrar el histograma y la curva correspondiente al ajuste de los datos ingresados en el sistema



**Ilustración 41: Histograma cantidad de orden de pedido válvulas**

### ***Tiempo en bodega Instrumentación***

El noveno conjunto de datos analizados mediante el software correspondió a los tiempos que dura en la bodega para el producto denominado Instrumentación.

La Ilustración 42 muestra la tabla con las 3 distribuciones de probabilidad sugeridas por el software con sus respectivas escalas y parámetros.

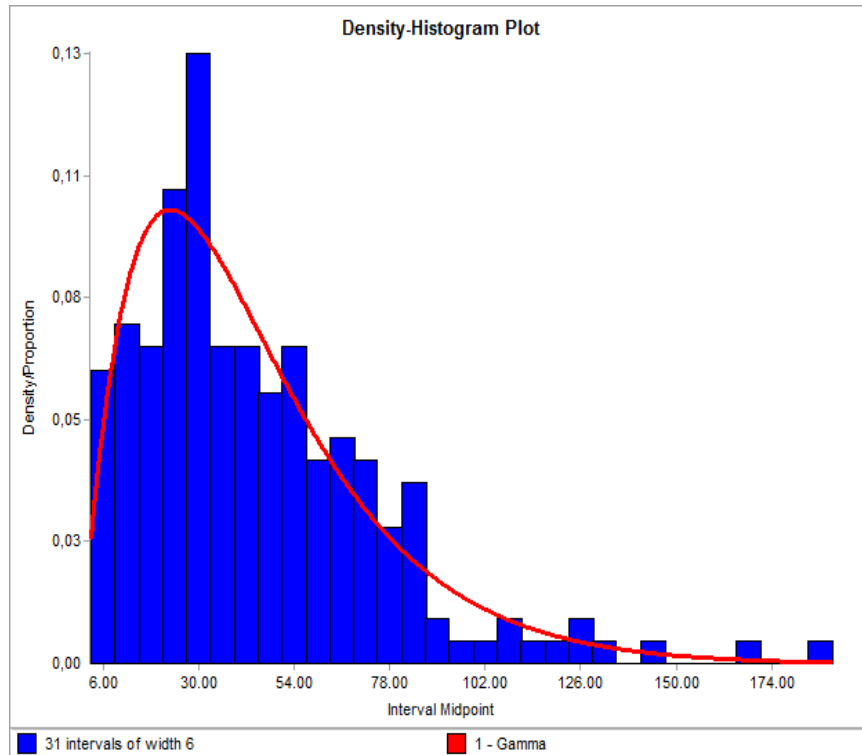
Relative Evaluation of Candidate Models

Model	Relative Score	Parameters
1 - Gamma	93.75	Location 0.00000
		Scale 21.14487
		Shape 2.09152
2 - Gamma(E)	93.75	Location 3.20874 e -4
		Scale 21.14518
		Shape 2.09148
3 - Pearson Type VI	90.00	Location 0.00000
		Scale 2.049.77157
		Shape #1 2.13036
		Shape #2 99.73596

21 models are defined with scores between 0.00 and 93.75

### **Ilustración 42: Tiempo en bodega para el producto Instrumentación**

Posteriormente se procede a ilustrar el histograma y la curva correspondiente al ajuste de los datos ingresados en el sistema



**Ilustración 43: Histograma Tiempo en bodega Instrumentación**

***Cantidad de producto bodega Instrumentación***

El décimo conjunto de datos analizados mediante el software correspondió a las cantidades de productos en bodega para el caso Instrumentación:

La Ilustración 44 muestra la tabla con las 3 distribuciones de probabilidad sugeridas por el software con sus respectivas escalas y parámetros.

**Relative Evaluation of Candidate Models**

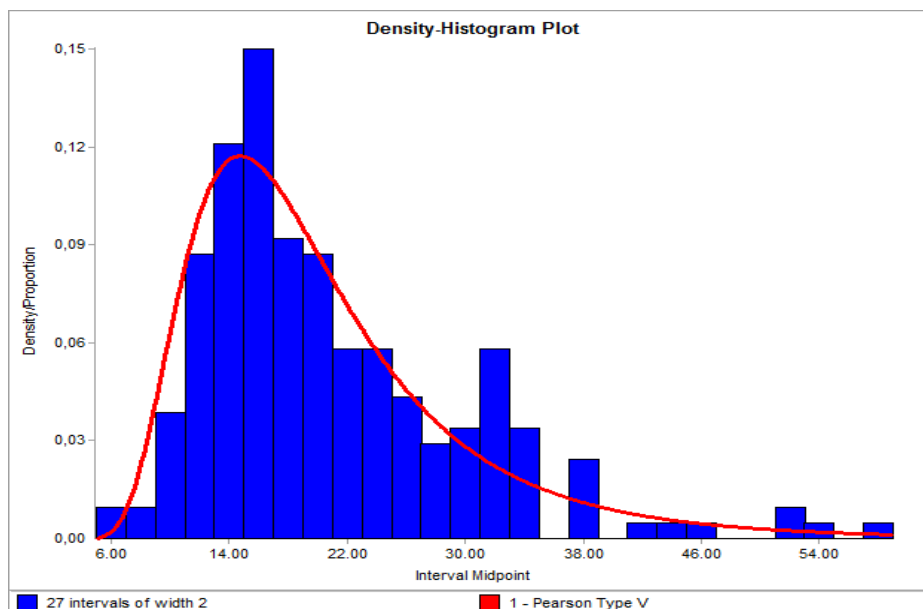
Model	Relative Score	Parameters
1 - Pearson Type V	93.97	Location 0.00000
		Scale 103.05092
		Shape 5.99223
2 - Pearson Type V(E)	93.97	Location 0.00140
		Scale 103.02340
		Shape 5.99121
3 - Inverse Gaussian(E)	86.21	Location 2.22901
		Scale 18.24599
		Shape 69.31536

30 models are defined with scores between 0.00 and 93.97

**Ilustración 44: Cantidad de producto en bodega instrumentación**



Posteriormente se procede a ilustrar el histograma y la curva correspondiente al ajuste de los datos ingresados en el sistema



**Ilustración 45: Histograma cantidad de producto instrumentación**

*Tiempo en bodega Accesorio tubería*

El undécimo conjunto de datos analizados mediante el software correspondió a los tiempos que dura en la bodega para el producto denominado accesorio tubería.

La Ilustración 46 muestra la tabla con las 3 distribuciones de probabilidad sugeridas por el software con sus respectivas escalas y parámetros.

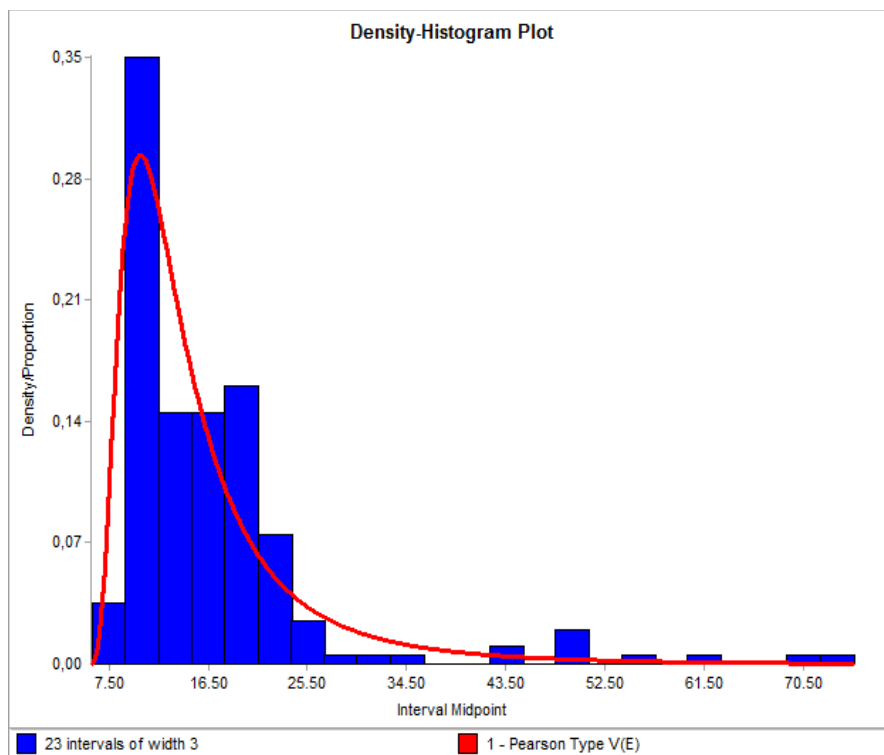
**Relative Evaluation of Candidate Models**

Model	Relative Score	Parameters
1 - Pearson Type V(E)	94.83	Location 4.52307
		Scale 22.93019
		Shape 2.91160
2 - Inverted Weibull(E)	93.97	Location 2.34046
		Scale 9.43675
		Shape 2.36698
3 - Lognormal(E)	88.79	Location 5.69550
		Scale 7.97037
		Shape 0.74702

30 models are defined with scores between 0.00 and 94.83

**Ilustración 46: Tiempo en bodega para el producto accesorio tubería**

Posteriormente se procede a ilustrar el histograma y la curva correspondiente al ajuste de los datos ingresados en el sistema



**Ilustración 47: Histograma Tiempo en bodega Accesorio tubería**

***Cantidad de producto bodega Accesorio tubería***

El duodécimo conjunto de datos analizados mediante el software correspondió a las cantidades de productos en bodega para el caso accesorio tubería:

La Ilustración 48 muestra la tabla con las 3 distribuciones de probabilidad sugeridas por el software con sus respectivas escalas y parámetros.

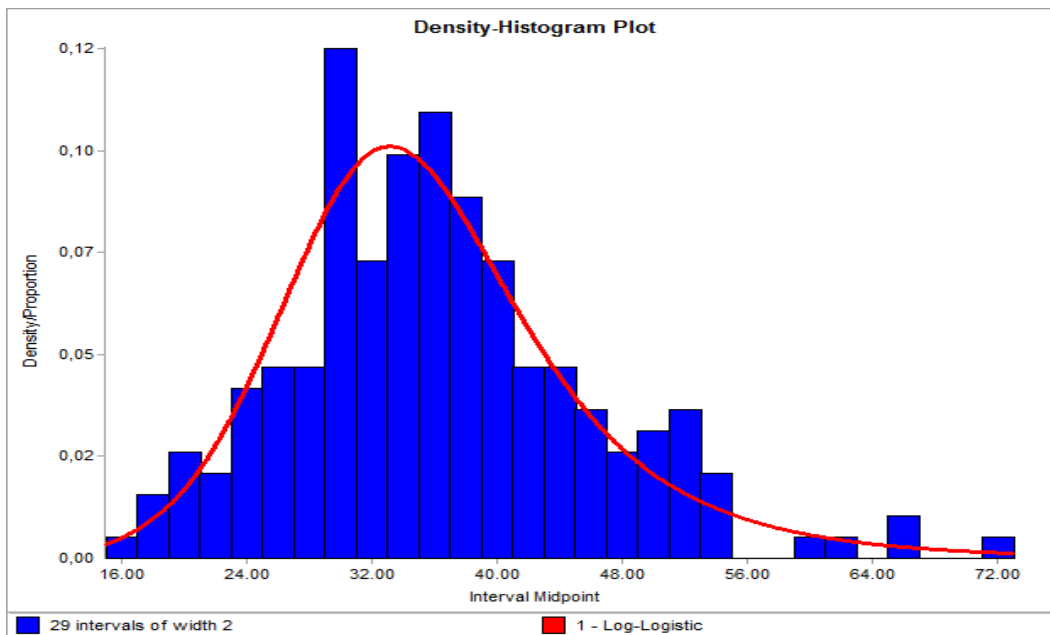
Relative Evaluation of Candidate Models

Model	Relative Score	Parameters	
1 - Log-Logistic	88.79	Location	0.00000
		Scale	34.76373
		Shape	6.59665
2 - Log-Logistic(E)	87.07	Location	0.00160
		Scale	34.76210
		Shape	6.59633
3 - Pearson Type VI	84.48	Location	0.00000
		Scale	206.13539
		Shape #1	16.51017
		Shape #2	95.95956

30 models are defined with scores between 0.00 and 88.79

**Ilustración 48: Cantidad de producto en bodega accesorio tubería**

Posteriormente se procede a ilustrar el histograma y la curva correspondiente al ajuste de los datos ingresados en el sistema



**Ilustración 49: Histograma cantidad de producto accesorio tubería**

*Tiempo en bodega bombas*

El trigésimo conjunto de datos analizados mediante el software correspondió a los tiempos que dura en la bodega para el producto denominado bombas.

La Ilustración 50 muestra la tabla con las 3 distribuciones de probabilidad sugeridas por el software con sus respectivas escalas y parámetros.

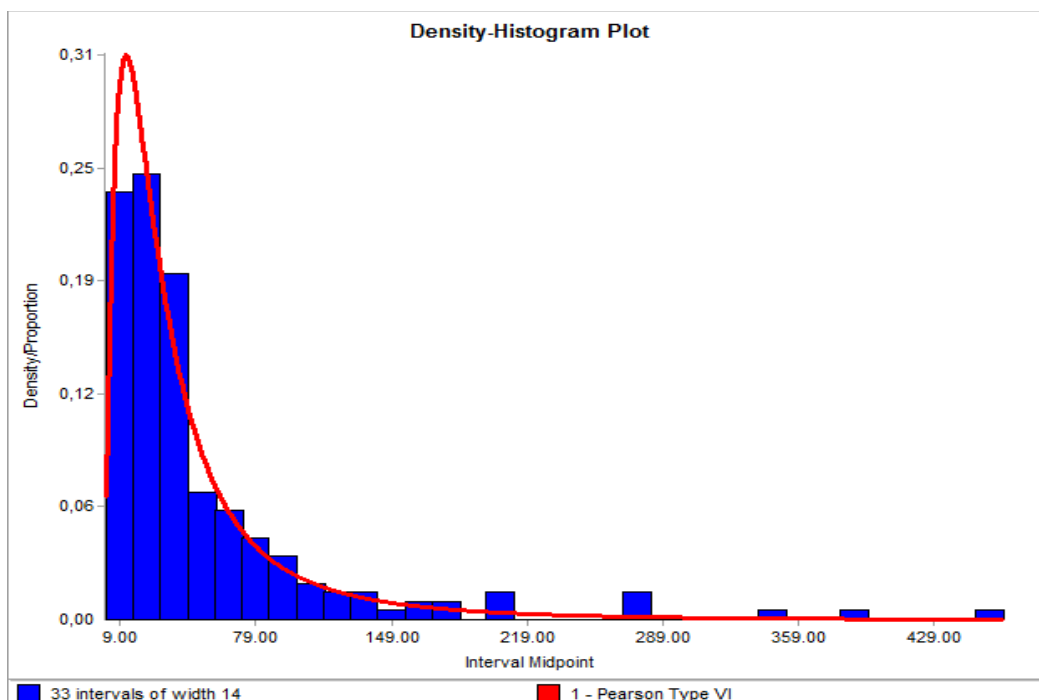
Relative Evaluation of Candidate Models

Model	Relative Score	Parameters	
1 - Pearson Type VI	98.75	Location	0.00000
		Scale	20.73107
		Shape #1	2.85206
		Shape #2	2.09347
2 - Lognormal(E)	96.25	Location	0.51468
		Scale	29.49194
		Shape	1.03774
3 - Lognormal	90.00	Location	0.00000
		Scale	30.35228
		Shape	1.00910

21 models are defined with scores between 1.25 and 98.75

### Ilustración 50: Tiempo en bodega para el producto bombas

Posteriormente se procede a ilustrar el histograma y la curva correspondiente al ajuste de los datos ingresados en el sistema



### Ilustración 51: Histograma Tiempo en bodega bombas

### ***Cantidad de producto bodega bombas***

El décimo cuarto conjunto de datos analizados mediante el software correspondió a las cantidades de productos en bodega para el caso bombas:

La Ilustración 52 muestra la tabla con las 3 distribuciones de probabilidad sugeridas por el software con sus respectivas escalas y parámetros.

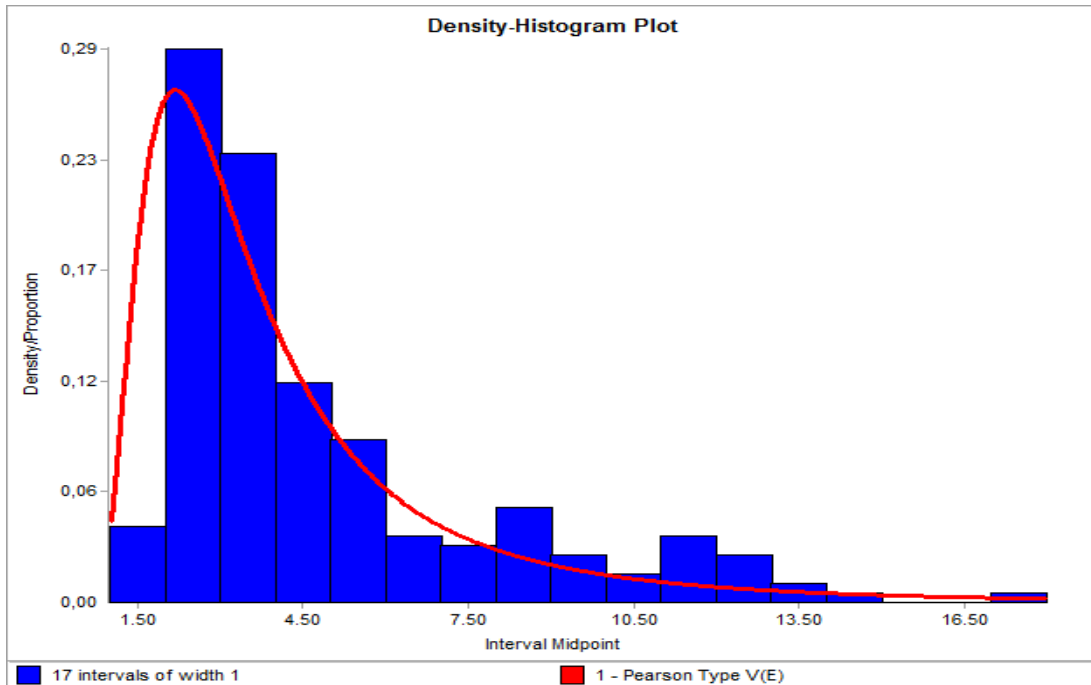
Relative Evaluation of Candidate Models

Model	Relative Score	Parameters
1 - Pearson Type V(E)	90.74	Location 0.13274
		Scale 7.52303
		Shape 2.69610
2 - Inverse Gaussian(E)	87.96	Location 0.47211
		Scale 3.90289
		Shape 5.47258
3 - Pearson Type V	83.33	Location 0.00000
		Scale 8.73954
		Shape 2.94012

28 models are defined with scores between 0.00 and 90.74

### **Ilustración 52: Cantidad de producto en bodega bombas**

Posteriormente se procede a ilustrar el histograma y la curva correspondiente al ajuste de los datos ingresados en el sistema



**Ilustración 53: Histograma cantidad de producto accesorio bombas**

*Tiempo en bodega válvulas*

El décimo quinto conjunto de datos analizados mediante el software correspondió a los tiempos que dura en la bodega para el producto denominado válvulas.

La Ilustración 54 muestra la tabla con las 3 distribuciones de probabilidad sugeridas por el software con sus respectivas escalas y parámetros.

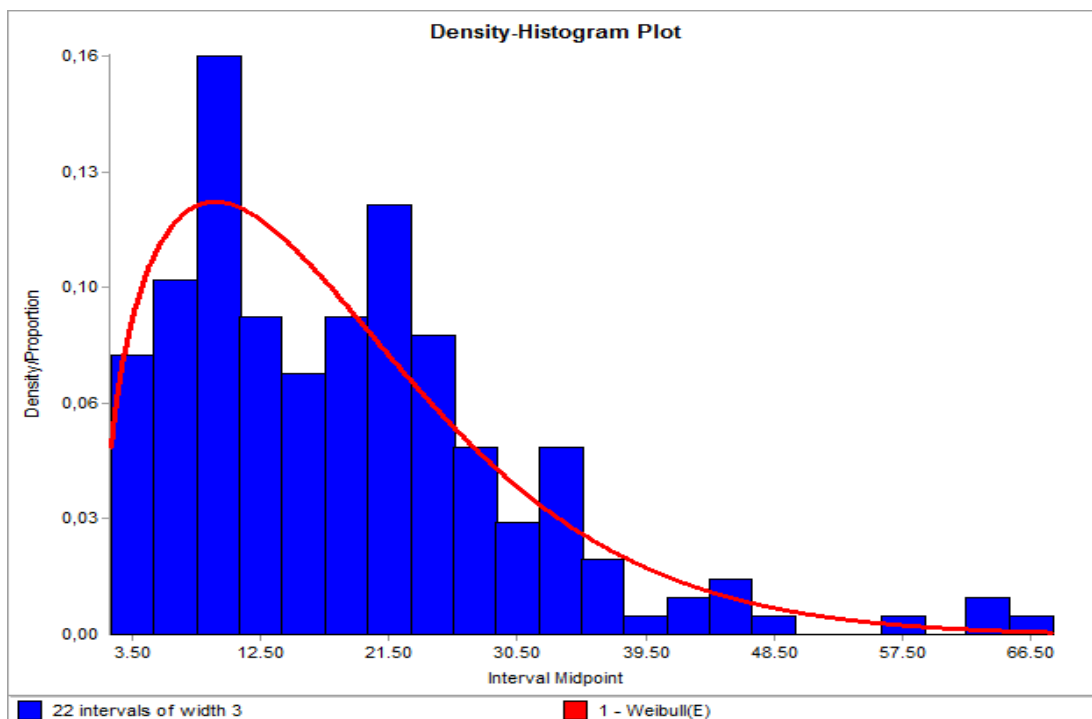
Relative Evaluation of Candidate Models

Model	Relative Score	Parameters
1 - Weibull(E)	93.75	Location 1.43260
		Scale 18.39088
		Shape 1.42790
2 - Erlang(E)	92.50	Location 0.58301
		Scale 8.77067
		Shape 2
3 - Beta	88.75	Lower endpoint 1.23452
		Upper endpoint 128.46142
		Shape #1 1.65245
		Shape #2 10.76297

21 models are defined with scores between 0.00 and 93.75

**Ilustración 54: Tiempo en bodega para el producto válvulas**

Posteriormente se procede a ilustrar el histograma y la curva correspondiente al ajuste de los datos ingresados en el sistema



**Ilustración 55: Histograma Tiempo en bodega válvulas**

***Cantidad de producto bodega válvulas***

El décimo sexto conjunto de datos analizados mediante el software correspondió a las cantidades de productos en bodega para el caso válvulas:

La Ilustración 56 muestra la tabla con las 3 distribuciones de probabilidad sugeridas por el software con sus respectivas escalas y parámetros.

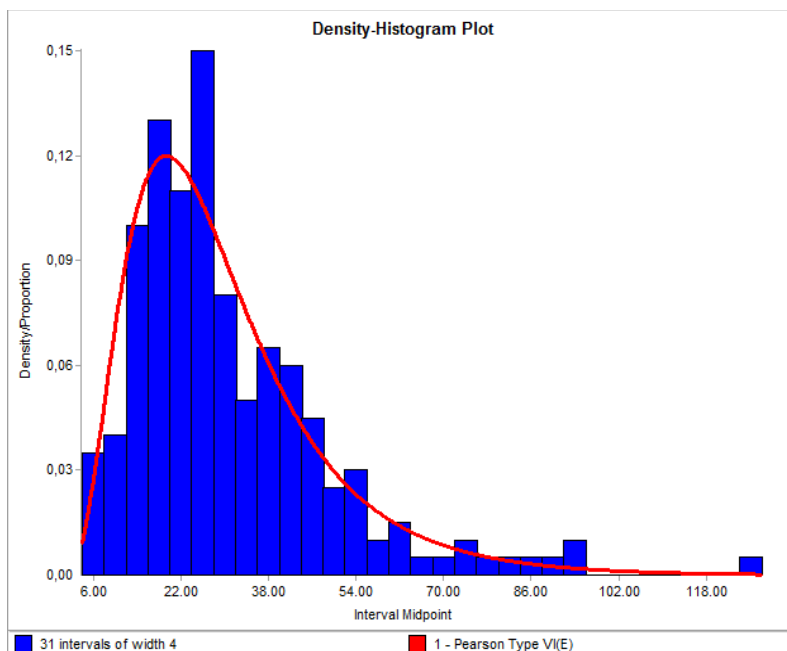
Relative Evaluation of Candidate Models

Model	Relative Score	Parameters	
1 - Pearson Type VI(E)	94.79	Location	0.05256
		Scale	58.11023
		Shape #1	4.62462
		Shape #2	9.85481
2 - Pearson Type VI	92.71	Location	0.00000
		Scale	59.30597
		Shape #1	4.62171
		Shape #2	10.01724
3 - Log-Logistic	88.54	Location	0.00000
		Scale	25.96933
		Shape	3.03095

25 models are defined with scores between 0.00 and 94.79

**Ilustración 56: Cantidad de producto en bodega válvulas**

Posteriormente se procede a ilustrar el histograma y la curva correspondiente al ajuste de los datos ingresados en el sistema



**Ilustración 57: Histograma cantidad de producto válvulas**

### *Tiempo de instalación instrumentación*

El décimo séptimo conjunto de datos analizados mediante el software correspondió a los tiempos que dura la instalación para el producto denominado instrumentación.

Ilustración 58 muestra la tabla con las 3 distribuciones de probabilidad sugeridas por el software con sus respectivas escalas y parámetros.



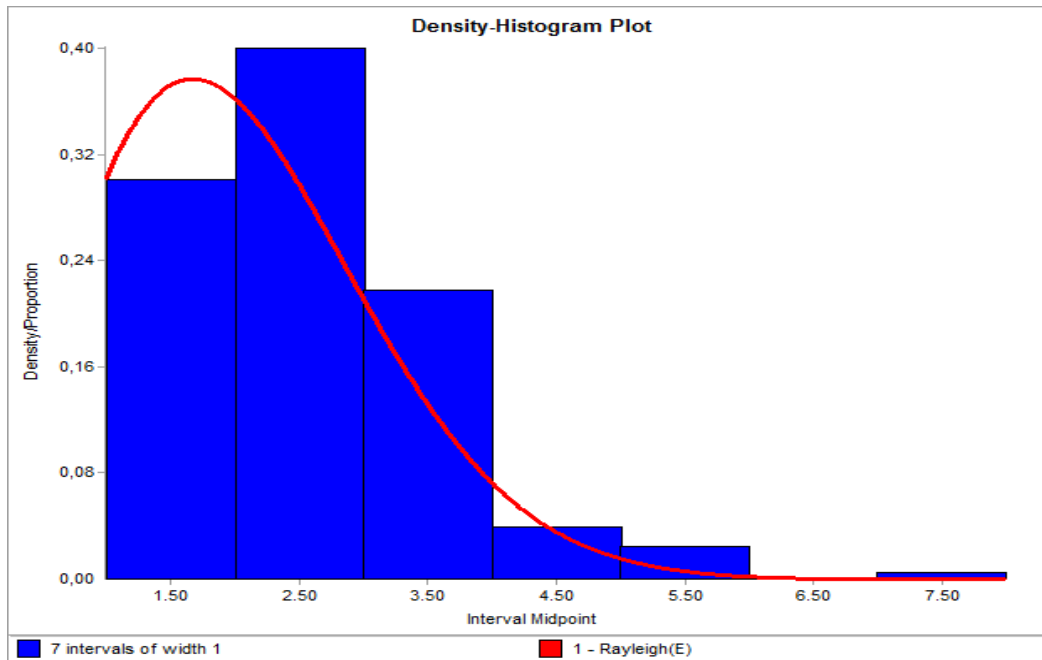
**Relative Evaluation of Candidate Models**

Model	Relative Score	Parameters
1 - Rayleigh(E)	66.30	Location 0.09017
		Scale 2.24618
2 - Pearson Type VI(E)	65.22	Location 0.44217
		Scale 49.57504
		Shape #1 2.78292
		Shape #2 84.47108
3 - Erlang(E)	64.13	Location 0.15889
		Scale 0.64537
		Shape 3

24 models are defined with scores between 2.17 and 66.30

**Ilustración 58: Tiempos de instalación para el producto instrumentación**

Posteriormente se procede a ilustrar el histograma y la curva correspondiente al ajuste de los datos ingresados en el sistema



**Ilustración 59: Histograma Tiempo de instalación instrumentación**

***Cantidad de producto para instalación instrumentación***

El décimo octavo conjunto de datos analizados mediante el software correspondió a las cantidades de productos en instalación para el caso instrumentación:

La Ilustración 60 muestra la tabla con las 3 distribuciones de probabilidad sugeridas por el software con sus respectivas escalas y parámetros.

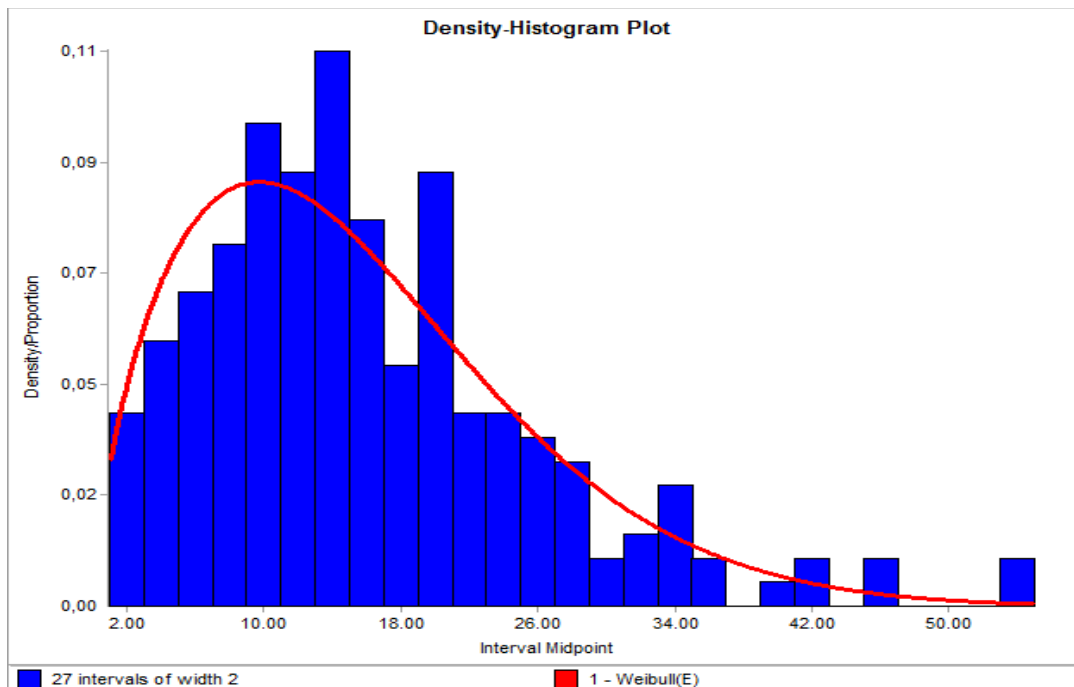
Relative Evaluation of Candidate Models

Model	Relative Score	Parameters	
1 - Weibull(E)	94.44	Location	2.80020 e -4
		Scale	17.42824
		Shape	1.62907
2 - Weibull	91.67	Location	0.00000
		Scale	17.42861
		Shape	1.62911
3 - Beta	88.89	Lower endpoint	0.00192
		Upper endpoint	103.95937
		Shape #1	1.95480
		Shape #2	11.07101

19 models are defined with scores between 0.00 and 94.44

### Ilustración 60: Cantidad de producto para instalación instrumentación

Posteriormente se procede a ilustrar el histograma y la curva correspondiente al ajuste de los datos ingresados en el sistema



### Ilustración 61: Histograma cantidad de producto para instalación instrumentación

### ***Tiempo de instalación accesorio tubería***

El décimo noveno conjunto de datos analizados mediante el software correspondió a los tiempos que dura la instalación para el producto denominado accesorio tubería.

La Ilustración 62 muestra la tabla con las 3 distribuciones de probabilidad sugeridas por el software con sus respectivas escalas y parámetros.

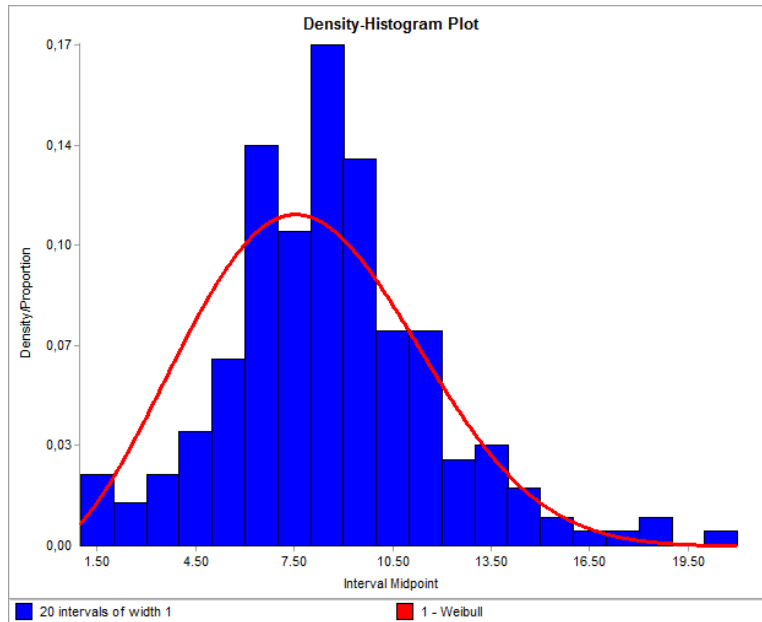
**Relative Evaluation of Candidate Models**

<b>Model</b>	<b>Relative Score</b>	<b>Parameters</b>	
<b>1 - Weibull</b>	<b>88.10</b>	<b>Location</b>	<b>0.00000</b>
		<b>Scale</b>	<b>9.08732</b>
		<b>Shape</b>	<b>2.63350</b>
<b>2 - Weibull(E)</b>	<b>85.71</b>	<b>Location</b>	<b>1.06958 e -4</b>
		<b>Scale</b>	<b>9.08720</b>
		<b>Shape</b>	<b>2.63346</b>
<b>3 - Beta</b>	<b>82.14</b>	<b>Lower endpoint</b>	<b>2.79684 e -4</b>
		<b>Upper endpoint</b>	<b>26.22352</b>
		<b>Shape #1</b>	<b>3.70586</b>
		<b>Shape #2</b>	<b>8.30586</b>

22 models are defined with scores between 0.00 and 88.10

### **Ilustración 62: Tiempos de instalación para el producto accesorio tubería**

Posteriormente se procede a ilustrar el histograma y la curva correspondiente al ajuste de los datos ingresados en el sistema



**Ilustración 63: Histograma Tiempo de instalación accesorio tubería**

*Cantidad de producto para instalación accesorio tubería*

El vigésimo conjunto de datos analizados mediante el software correspondió a las cantidades de productos en instalación para el caso instrumentación:

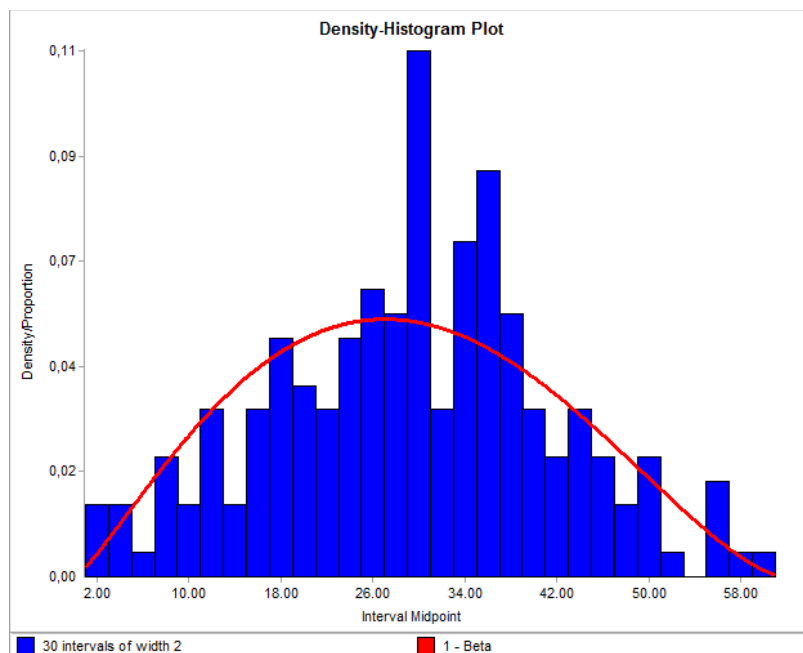
La Ilustración 64 muestra la tabla con las 3 distribuciones de probabilidad sugeridas por el software con sus respectivas escalas y parámetros.

Relative Evaluation of Candidate Models			
Model	Relative Score	Parameters	
1 - Beta	97.37	Lower endpoint	7.32221 e -4
		Upper endpoint	62.10707
		Shape #1	2.23437
		Shape #2	2.59615
2 - Weibull	96.05	Location	0.00000
		Scale	32.43225
		Shape	2.48796
3 - Johnson SB	89.47	Lower endpoint	2.79754 e -4
		Upper endpoint	62.09207
		Shape #1	0.17608
		Shape #2	0.95260

20 models are defined with scores between 2.63 and 97.37

**Ilustración 64: Cantidad de producto para instalación bombas**

Posteriormente se procede a ilustrar el histograma y la curva correspondiente al ajuste de los datos ingresados en el sistema



**Ilustración 65: Histograma cantidad de producto para instalación bombas**

***Tiempo de instalación accesorio bombas***

El vigésimo primero conjunto de datos analizados mediante el software correspondió a los tiempos que dura la instalación para el producto denominado accesorio bombas.

A continuación se muestra la tabla con las 3 distribuciones de probabilidad sugeridas por el software con sus respectivas escalas y parámetros.

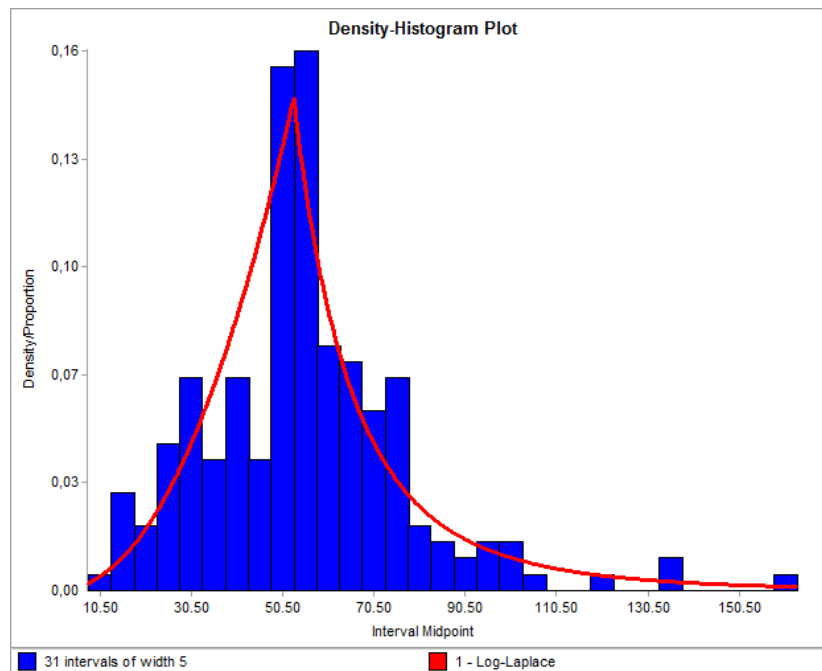
Relative Evaluation of Candidate Models

Model	Relative Score	Parameters
1 - Log-Laplace	100.00	Location 0.00000
		Scale 53.00000
		Shape 3.19154
2 - Log-Laplace(E)	96.00	Location 3.26834 e -4
		Scale 52.99967
		Shape 3.19151
3 - Erlang(E)	84.00	Location 0.00586
		Scale 7.79559
		Shape 7

26 models are defined with scores between 0.00 and 100.00

### Ilustración 66: Tiempos de instalación para el producto bombas

Posteriormente se procede a ilustrar el histograma y la curva correspondiente al ajuste de los datos ingresados en el sistema



### Ilustración 67: Histograma Tiempo de instalación accesorio tubería

#### *Cantidad de producto para instalación bombas*

El vigésimo segundo conjunto de datos analizados mediante el software correspondió a las cantidades de productos en instalación para el caso bombas:

A continuación se muestra la tabla con las 3 distribuciones de probabilidad sugeridas por el software con sus respectivas escalas y parámetros.

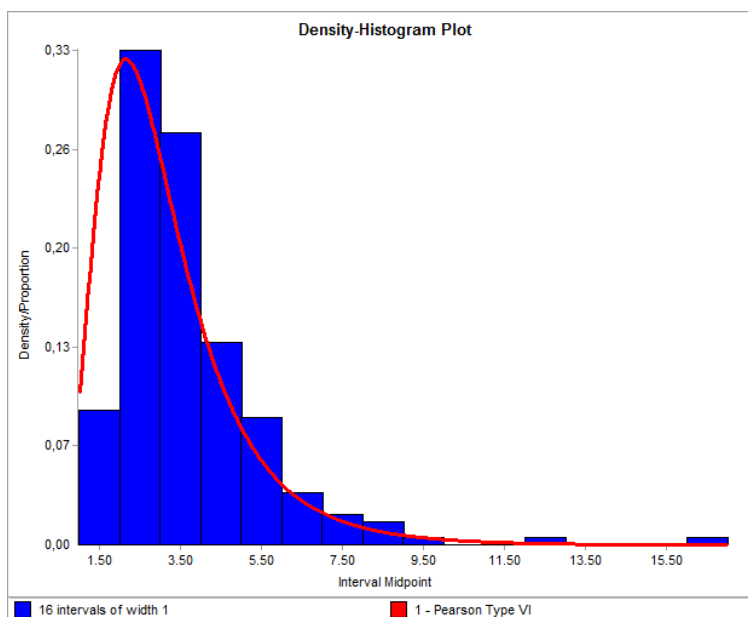
Relative Evaluation of Candidate Models

Model	Relative Score	Parameters	
1 - Pearson Type VI	90.48	Location	0.00000
		Scale	2.16336
		Shape #1	9.11301
		Shape #2	7.18359
2 - Lognormal	84.52	Location	0.00000
		Scale	2.78683
		Shape	0.51581
3 - Log-Logistic	80.95	Location	0.00000
		Scale	2.77885
		Shape	3.46564

22 models are defined with scores between 2.38 and 90.48

### Ilustración 68: Cantidad de producto para instalación accesorio tubería

Posteriormente se procede a ilustrar el histograma y la curva correspondiente al ajuste de los datos ingresados en el sistema



### Ilustración 69: Histograma cantidad de producto para instalación bombas

### ***Tiempo de instalación accesorio válvulas***

El vigésimo tercero conjunto de datos analizados mediante el software correspondió a los tiempos que dura la instalación para el producto denominado accesorio válvulas.

A continuación se muestra la tabla con las 3 distribuciones de probabilidad sugeridas por el software con sus respectivas escalas y parámetros.

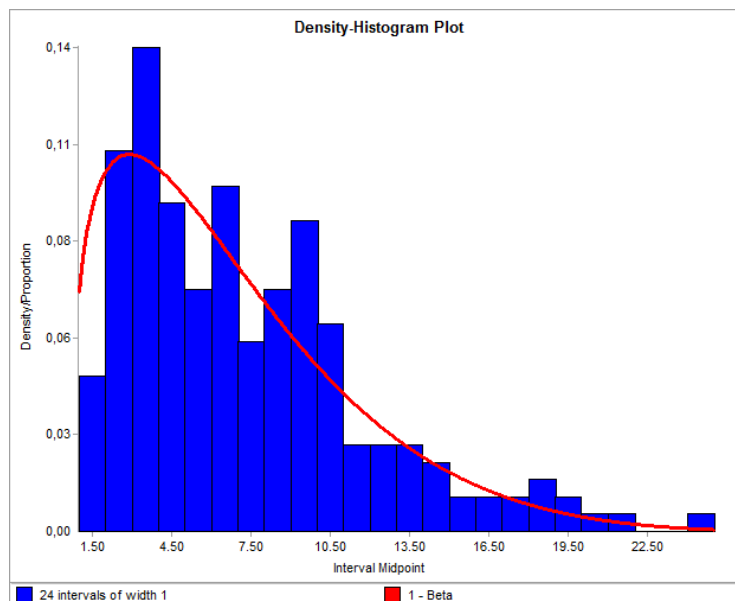
Relative Evaluation of Candidate Models

Model	Relative Score	Parameters	
1 - Beta	87.50	Lower endpoint	0.70732
		Upper endpoint	38.24478
		Shape #1	1.38319
		Shape #2	7.10577
2 - Erlang(E)	81.25	Location	0.12449
		Scale	3.34526
		Shape	2
3 - Weibull(E)	81.25	Location	0.63426
		Scale	6.77145
		Shape	1.37955

21 models are defined with scores between 0.00 and 87.50

### **Ilustración 70: Tiempos en bodega válvulas**

Posteriormente se procede a ilustrar el histograma y la curva correspondiente al ajuste de los datos ingresados en el sistema



### **Ilustración 71: Histograma Tiempo de instalación accesorio tubería**



### ***Cantidad de producto para instalación válvulas***

El vigésimo conjunto de datos analizados mediante el software correspondió a las cantidades de productos en instalación para el caso válvulas:

A continuación se muestra la tabla con las 3 distribuciones de probabilidad sugeridas por el software con sus respectivas escalas y parámetros.

---

Relative Evaluation of Candidate Models

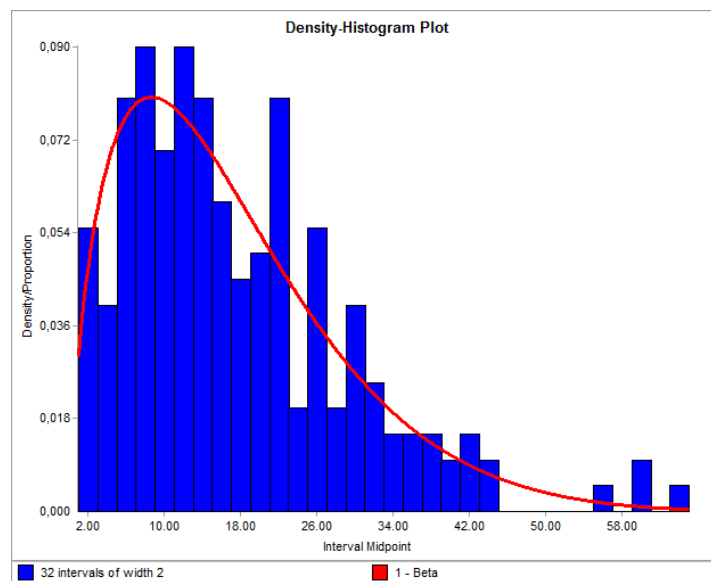
Model	Relative Score	Parameters	
1 - Beta	89.47	Lower endpoint	0.01314
		Upper endpoint	123.75900
		Shape #1	1.73770
		Shape #2	10.76540
2 - Weibull(E)	86.84	Location	0.23606
		Scale	18.75186
		Shape	1.47538
3 - Gamma	84.21	Location	0.00000
		Scale	8.63256
		Shape	1.99072

20 models are defined with scores between 0.00 and 89.47

---

### **Ilustración 72: Cantidad de producto para instalación accesorio tubería**

Posteriormente se procede a ilustrar el histograma y la curva correspondiente al ajuste de los datos ingresados en el sistema



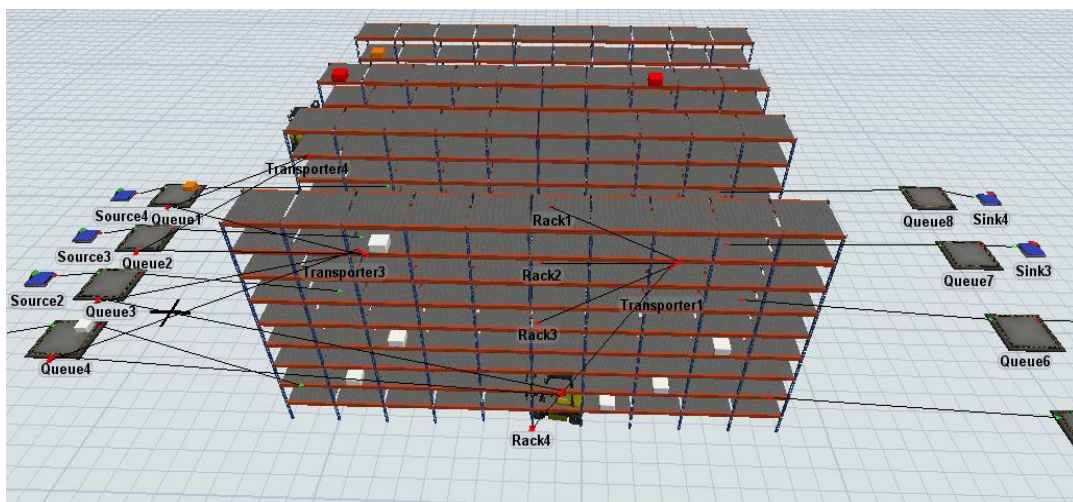
### **Ilustración 73: Histograma cantidad de producto para instalación válvulas**

## DISEÑO DEL LAYOUT

De acuerdo con las condiciones de la simulación planteada e propone el Layout mostrado en la siguiente figura:

Las fuentes de la simulación representan el momento en el que los productos llegan al sistema, es decir el proceso de gestión que inicia con la el pedido y finaliza con la llegada del producto al centro de almacenamiento.

La parte central del Layout representa el centro de almacenamiento, que fue configurado cuidadosamente con los tiempos de los operarios de transporte, para garantizar el cumplimiento de los tiempos estimados en la sección de entrada. Finalmente las colas y las salidas representan la instalación, con un comportamiento de demanda considerado como una variable aleatoria a partir del análisis de entrada propuesto en este trabajo de simulación



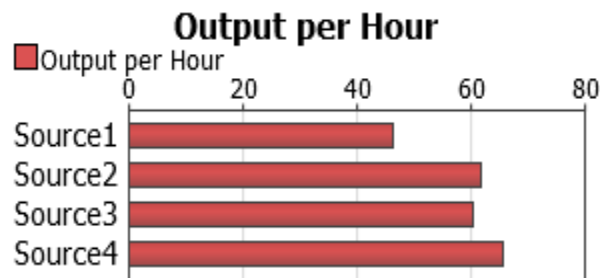
**Ilustración 74: Diseño del Layout**

## RESULTADOS:

Se evidenciaron tiempos entre arribos significativos, al comparar variables de la misma familia de productos, especialmente en el sistema de almacenamiento e instalación. Se identifica oportunidades en la implementación de controles a estos procesos, asociados a temas de aprobaciones en el recibo de materiales o retrasos asociados a tareas administrativas, etc.

La simulación presentada nace de datos tomados en situaciones reales que se presentan de forma aleatoria y representan un comportamiento aproximado del sistema de compras, además se constituye en una poderosa herramienta para la toma de decisiones.

La Ilustración 75 muestra la salida de elementos de cada una de las fuentes, es decir trasladándolo a términos de la simulación realizada, representa el promedio de productos de cada tipo que llegan a las bodegas, y que deberán cumplir con condiciones de almacenamiento y embalaje seguro.



**Ilustración 75: Salidas por horas de las fuentes de simulación**

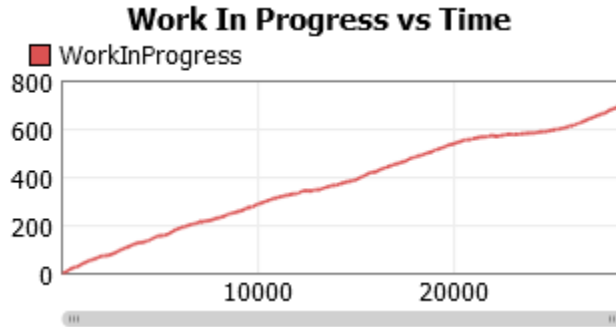
### **Medidas de desempeño del sistema**

A continuación se presentan las medidas de desempeño obtenidas al correr la simulación presentada:

### **Trabajo en el proceso WIP**

Uno de los aspectos más relevantes desde el punto de vista de la ingeniería industrial y de la producción es el manejo del inventario en proceso (conocido como Work In Process). Es importante que las gestiones de manejo de compras de materiales puedan reducir este inventario al mínimo sin afectar la eficacia del sistema y reduciendo el déficit presentado.

La siguiente imagen muestra la medida de desempeño WIP que se obtiene en el sistema actual y plantea un reto a futuras investigaciones que planteen escenarios y metodologías con el fin de cumplir el objetivo del WIP anteriormente mencionado



**Ilustración 76 W.I.P.**

Es importante notar que a lo largo de cada día simulado, el WIP tiene un comportamiento creciente y en el cual se puede llegar a identificar una tendencia de tipo lineal en relación con la variable tiempo.

Al finalizar el día el trabajo en proceso aumenta, haciendo que en la bodega tenga que trabajar en horas extras y reducir la frecuencia de pedidos al proveedor de cada uno de los materiales.

Una de los objetivos que se pueden llegar a plantear a partir de esta medida de desempeño es que el WIP tenga un comportamiento estable en relación con el tiempo, para de esta forma poder llegar a realizar estándares en la forma de políticas de pedido, y de horarios de trabajo en la bodega y transporte de este tipo de materiales.

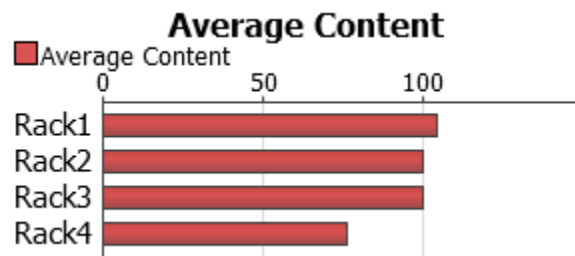
### **Contenido promedio de los estantes en Bodega**

El tema de la gestión de inventarios siempre ha sido uno de los quehaceres de la logística, ya que el almacenamiento de materias prima, productos en proceso o productos terminados, implica una serie de factores como el tamaño de las bodegas o el tipo de transporte utilizado.

El espacio en Bodega está desperdiciado, ya que la mayor parte del tiempo permanece vacío, generando sobrecostos de mantenimiento y operación de estos centros de almacenamiento.

De acuerdo a esta medida de desempeño en el sistema de compras propuesto, es posible determinar el contenido promedio de los estantes en bodegas. Este valor permite tomar decisiones inmediatas sin llegar a modificar o influenciar el comportamiento del sistema.

Arrendamiento de espacio, reducción del tamaño de la bodega, entre otras medidas inmediatas se pueden llegar a tomar a partir de esta medida de desempeño, esto sin modificar las políticas de compras.



**Ilustración 77 Contenido Promedio**

### Número de corridas

El cálculo del número de corridas para modelos de varias variables probabilísticas, se realiza ejecutando el cálculo de n en la formula, para cada una de ellas y se selecciona el mayor valor (n) de todas ellas

La fórmula para calcular n (número de corridas):

$$n = \frac{\sigma^2 \left( \frac{z\sigma}{K} \right)^2}{K^2}$$

En donde

Z = estadístico normal estándar para cierta  $\sigma$

K = desviación absoluta máxima permitida sobre la media de la distribución a simular.

$\sigma^2$  = varianza de la distribución a simular.

Para este caso en particular hallaremos el número óptimo de corridas con un nivel de confianza del 95% así que Z=1,96

Para instrumentación se tienen los siguientes datos:

### ***Instrumentación***

<i>Varianza</i>	356.9021106
<i>Media</i>	53.68
<i>t(0,025)</i>	1,96
<i>e</i>	30
<i>n</i>	45.70250493

Para accesorio tubería se tienen los siguientes los siguientes datos:

### ***Accesorio tubería***

<i>Varianza</i>	548.7918593
<i>Media</i>	59.61
<i>t(0,025)</i>	1,96
<i>e</i>	30
<i>n</i>	70.27462689

Para de bombas se tiene:

### ***Bombas***

<i>Varianza</i>	1136.793945
<i>Media</i>	58.255
<i>t(0,025)</i>	1,96
<i>e</i>	30
<i>n</i>	145.5702539

Para Válvulas al aire libre:

### ***Válvulas***

<i>Varianza</i>	4514.964598
<i>Media</i>	69.515
<i>t(0,025)</i>	1,96
<i>e</i>	30
<i>n</i>	578.1562667

El número mayor de corridas, teniendo en cuenta el intervalo de 30 segundos de desviación permitida, dada las condiciones de los datos es 578.

Este máximo número de corridas se utiliza para el cálculo de las medidas de desempeño anteriormente expuestas, es decir estas son resultado de correr 578 veces el modelo y obtener el promedio de las mismas. Este hecho se sustenta en que las variables aleatorias arrojan un resultado diferente en cada una de las corridas, y es necesario satisfacer estadísticamente los requerimientos de precisión y niveles de confianza.

## **CONCLUSIONES DEL MODELO**

El modelo de simulación presentado en este anexo, permite imitar las actividades asociadas a la gestión de materiales desde las actividades de gestión de compras, el almacenamiento y la construcción que se lleva a cabo en la empresa de tal forma que se aproxime al comportamiento del sistema.

Si bien es cierto que los resultados acá obtenidos deben ser comparados paramétricamente con las medidas de desempeño del sistema, se parte del supuesto de que la empresa no cuenta con dichos datos y su cálculo se propone como una tarea de alta complejidad.

La aproximación del modelo se realiza mediante una verificación y validación con los expertos de la compañía a los cuales se les mostró el mismo. Ellos coinciden en que el modelo da una aproximación del sistema actual, esta valoración se da de forma cualitativa.

Es importante notar en este punto el campo de investigación para futuros trabajos, ya que antes de llegar a tomar cualquier decisión que pueda llegar a influenciar y modificar el comportamiento del sistema, la simulación se convierte en una gran herramienta para monitorear dichos cambios en el sistema.

Muchas veces, cuando se plantea realizar una intervención a una empresa, se implementa esa simulación de forma costosa sin medir antes los posibles impactos que puede llegar a tener. Es allí donde toma fuerza el modelo presentado en este anexo, el cual permite llegar a medir impactos mediante el planteamiento de escenarios de simulación y la toma de decisiones de una forma eficaz.