

Medición y predicción de vida útil de bombillas de frenado automotriz con distribuciones Weibull, Erlang y otras en la Curva de Bañera de Davies.

TRA_COL_N_PÉREZ_CIMGA2018

Mito o realidad: las bombillas fallan por vejez

**Alberto Mora Gutiérrez - Grupo GEMI Mantenimiento EAFIT - Carrera 49 # 7 sur 50 –
Teléfono 57 4 2619349 o 5048000 - Celular 312 2874586 –
Email lmora@eafit.edu.co - cimpro@mail.com -
Universidad EAFIT - Medellín – Colombia**

**Nicolás Pérez Gaviria - Grupo GEMI - Universidad EAFIT - Carrera 49 # 7 sur 50
– Teléfono 57 4 2619349 - Celular 305 3032576 –
Email nperez1@eafit.edu.co - Mantenimiento
EAFIT - Medellín – Colombia**



Incrementar los niveles de seguridad y disminuir el riesgo de frenado trasero y de colisión, por mejores niveles de iluminación frenado.

Búsqueda investigativa de asegurar condiciones de frenado y visualización vehículos traseros



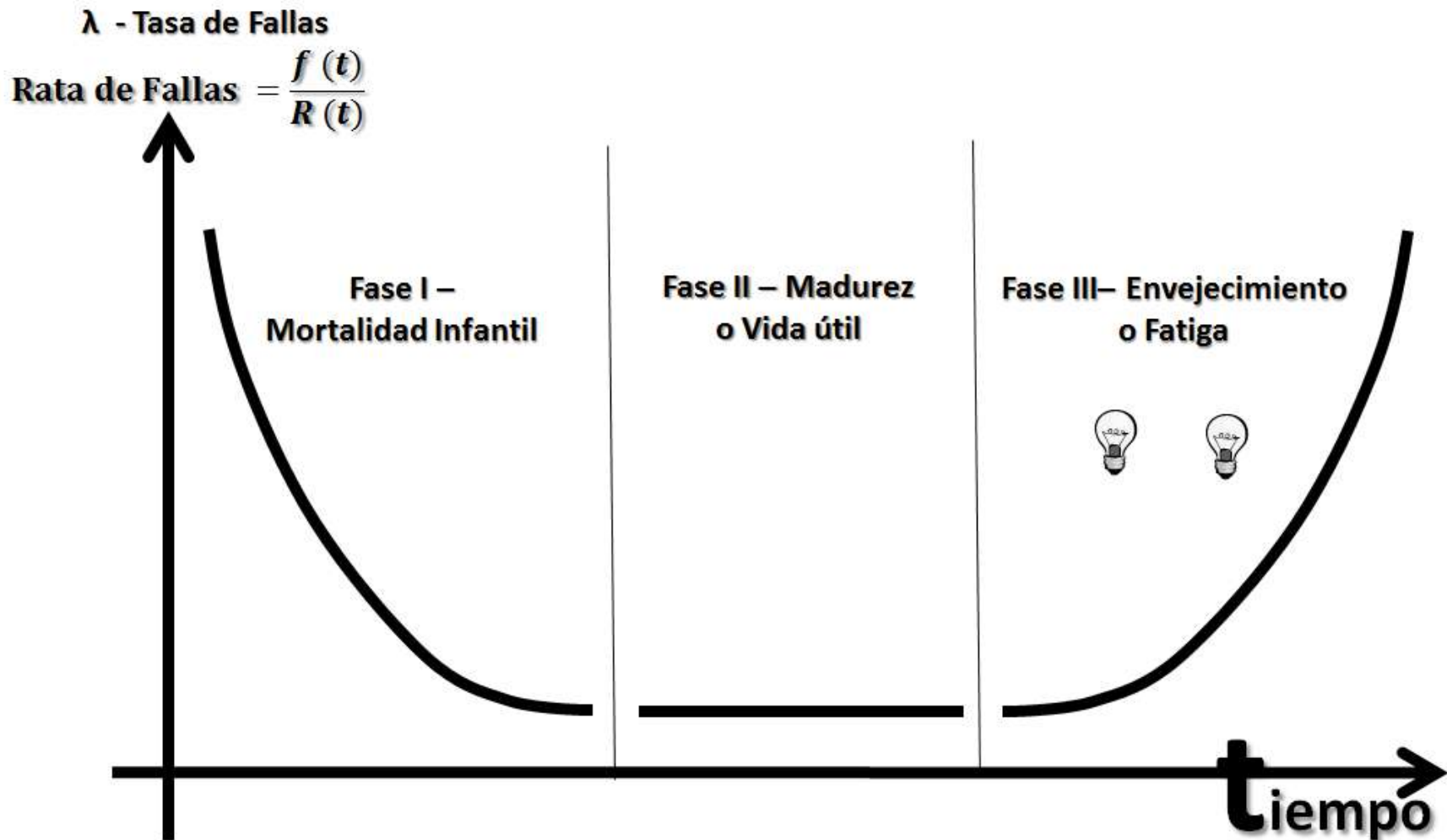


El trabajo es el resultado de una investigación aún vigente de más de seis años continuos de medición de vida útil de bombillas, que se realizan en un laboratorio electrónico con un banco de pruebas especializado, diseñado eléctrica y electrónicamente a tal fin.

Metodología

El proyecto analiza el comportamiento matemático, estadístico y aleatorio de la vida útil y muerte de las bombillas de frenado automotriz LED y de incandescencia, al utilizar métodos de cálculos de distribuciones como Weibull y demostrar su funcionamiento por fatiga de la zona 3 de la fase III de la Curva de Davies.

Curva tipificada de Davies



Mito beta

$\lambda(t)$ Tasa de

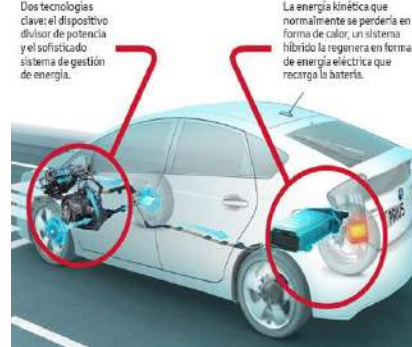
Fallas

Fase I – Fallas de tipo **Infantil**, el β de Weibull es menor a uno, no alcanzan su madurez, fallan antes de lograrla

Fase II – Fallas de tipo **Normal** o Vida útil Normal, en esta zona el β es de valor uno, según OREDA es la zona normal de comportamiento normal, la mayoría de equipos estándares trabaja en esta zona

Fase III – Fallas de tipo **desgaste** o pérdida de funcionalidad por simple vejez o uso excesivo. Zona de **envejecimiento**, β mayores a 1 y valores hasta siete o más.

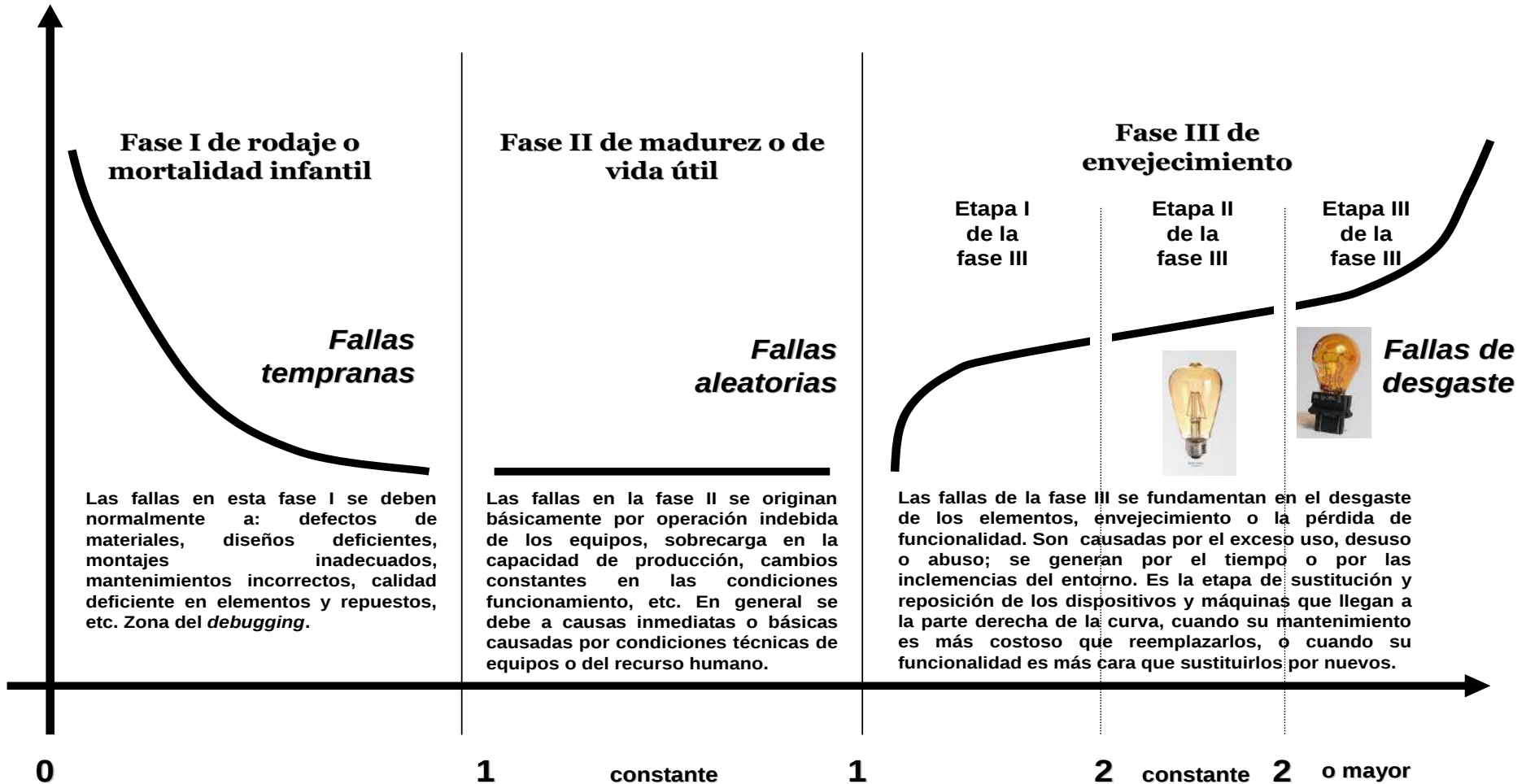
t tiempo



Predicción por niveles – Nivel estratégico - CMD

$\lambda(t) =$

Tasa de Fallas

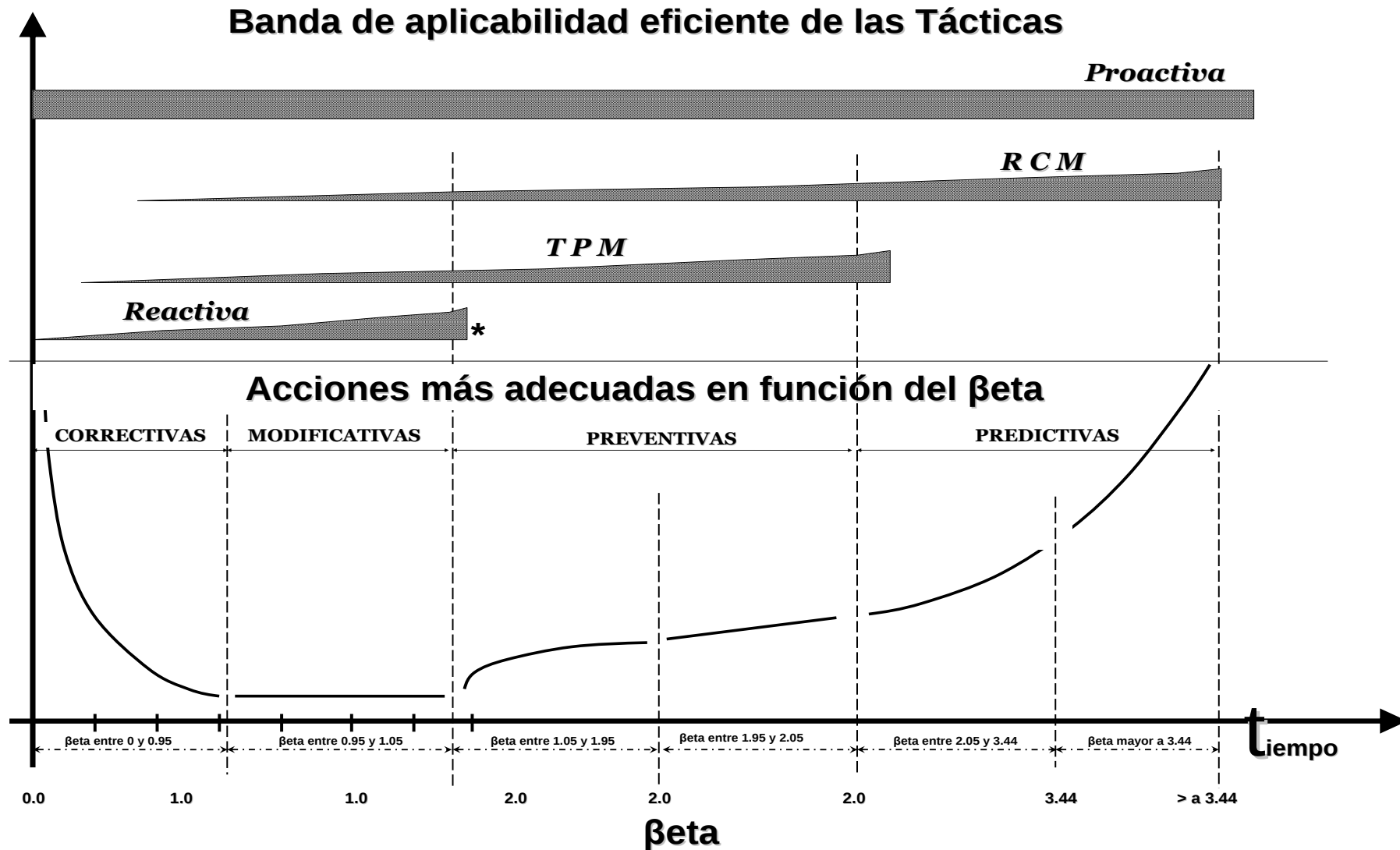


β eta, factor de forma

que se obtiene por cálculo de la pendiente al darle forma lineal a la distribución de Weibull.

$\lambda(t)$ Tasa de fallas en Weibull

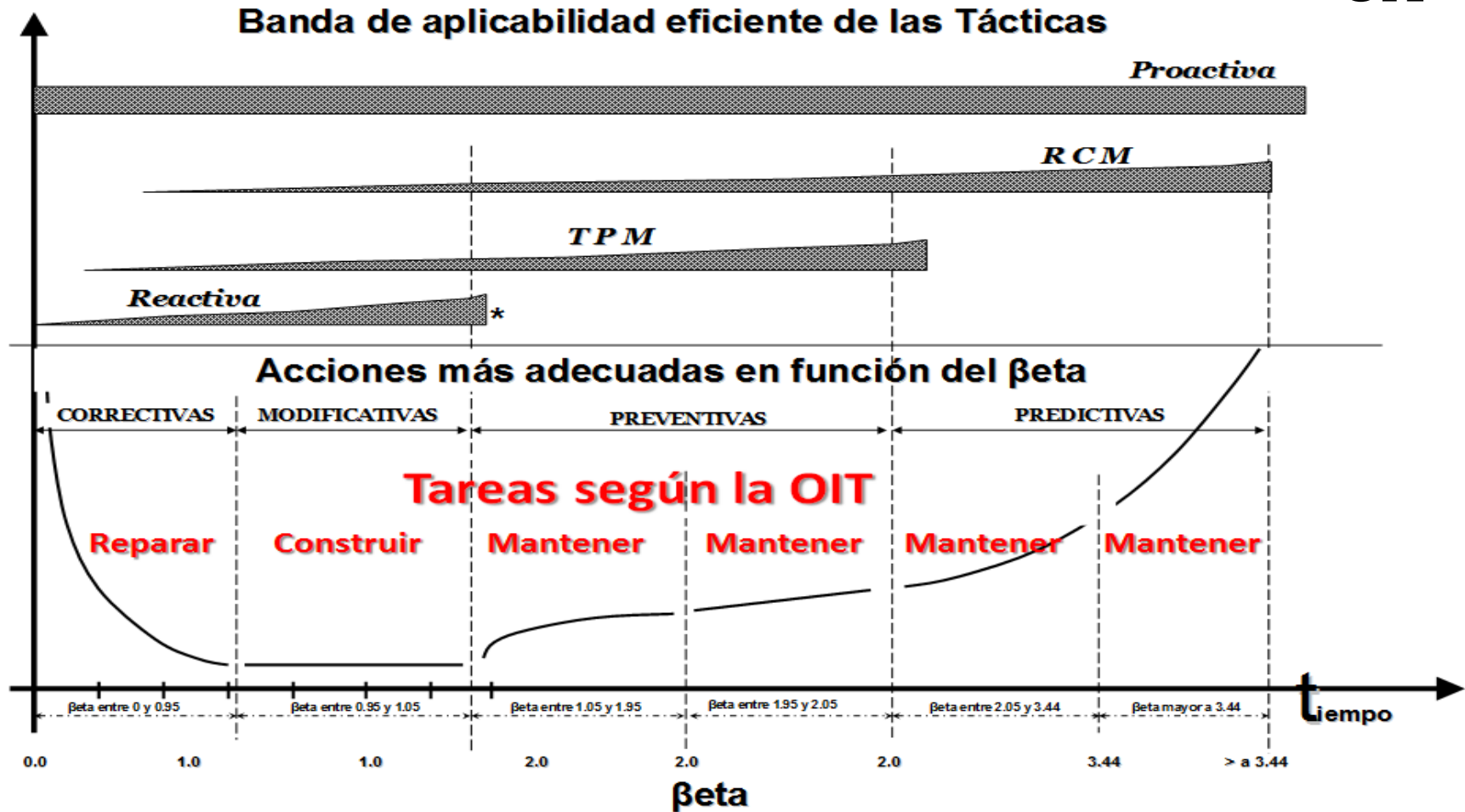
OIT



* Denota que la línea a medida que se vuelve más gruesa la aplicación de la táctica es más eficiente ya que se acomoda más a las características de las fallas y de su tasa.

$\lambda(t)$ Tasa de fallas en Weibull

OIT



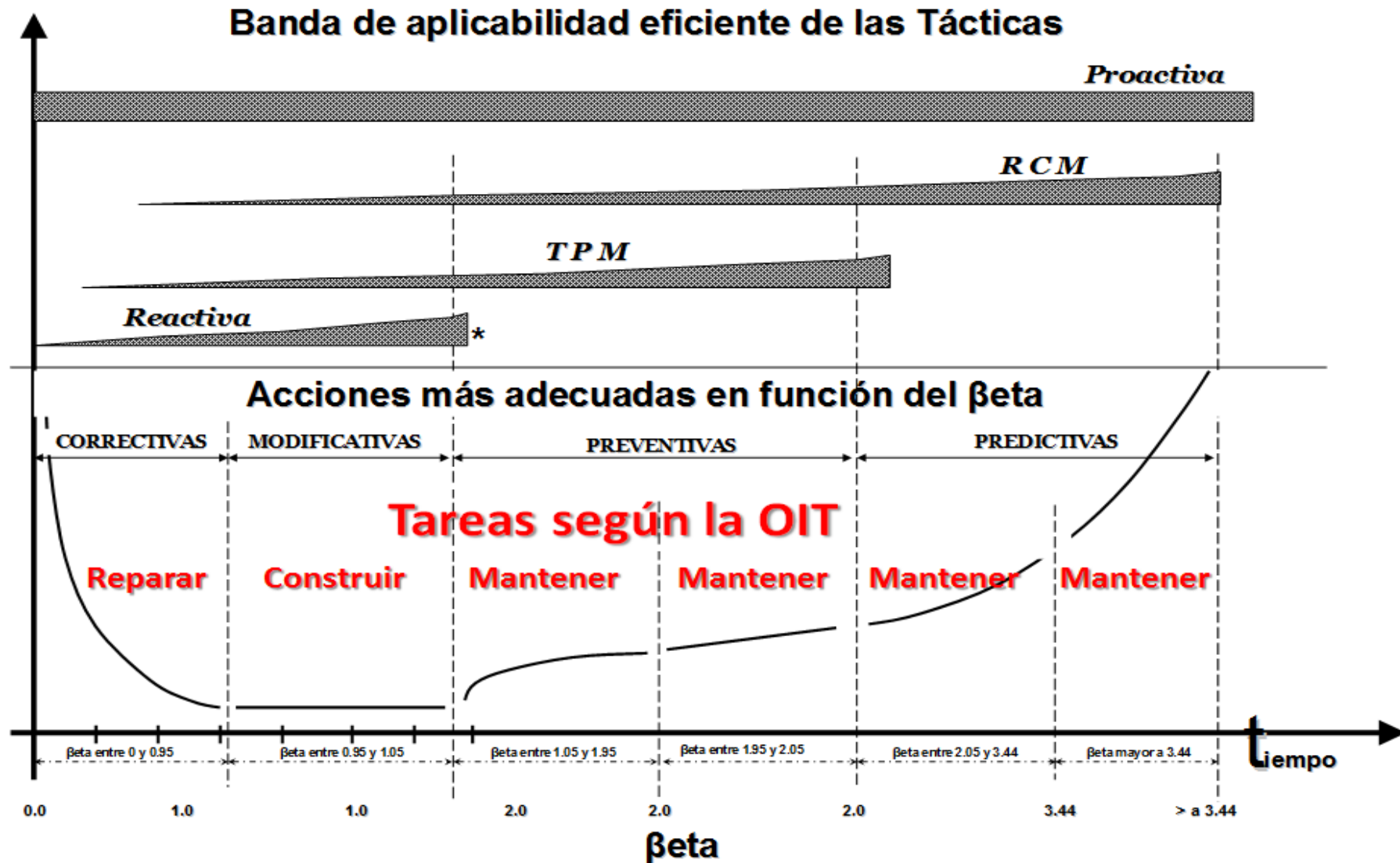
* Denota que la línea a medida que se vuelve más gruesa la aplicación de la táctica es más eficiente ya que se acomoda más a las características de las fallas y de su tasa.

El banco de pruebas de bombillos funciona hace más de 6 años, 24 horas todos los días, realizando la simulación matemática real de frenado de automóviles de pasajeros y carga, consta de 100 bombillos LED y 100 bombillos incandescentes que funcionan siempre hasta la falla; dichos bombillos están diseñados para ser parte del sistema de frenado, a la fecha se han probado más de 6000 bombillas, su metodología científica, su análisis estadístico, y su desarrollo es avalada y desarrollada por el Grupo de Estudios de Investigación Industrial de Mantenimiento GEMI de EAFIT adscrito en COLCIENCIAS desde el año 2000.

Los sistemas de frenado son muy relevantes en la vida humana, es por ello por lo que el proyecto aporta ciencia y tecnología a la movilidad y seguridad vial automotriz mundial, de forma significativa.



$\Lambda(t)$ Tasa de fallas en Weibull



* Denota que la línea a medida que se vuelve más gruesa la aplicación de la táctica es más eficiente ya que se acomoda más a las características de las fallas y de su tasa.

El proyecto simula (mediante algoritmos especialmente desarrollados para ello) matemática y estadísticamente el trabajo real de un automóvil, frenado con una secuencia ajustada a la realidad 124 horas al día, de tal forma que con cálculos matemáticos y estocásticos podemos simular su vida real, medirla y calcularla, para determinar sus parámetros de confiabilidad





Finalidad

El proyecto consiste en analizar el comportamiento matemático, estadístico y aleatorio de la vida útil y muerte de las bombillas de frenado automotriz LED y de incandescencia, al utilizar métodos de cálculos de distribuciones como Weibull, con la parametrización de los valores de sus criterios para demostrar su funcionamiento por fatiga de la zona 3 de la fase III de la Curva de Davies.

Banco de pruebas y experimentación

**Seis años largos
trabajando 24
horas al día con
registros
automatizados,
tanto
incandescentes
como LEDs**

Un banco de pruebas de bombillos puesto a disposición en un banco especial de pruebas electrónicas consta de 100 bombillos LED y 100 bombillos incandescentes; dichos bombillos están diseñados para ser parte del sistema de alerta y comunicación de los vehículos automotores, especialmente para el sistema de frenado.



Por consiguiente, los sistemas de frenado en los automóviles y sistemas de transporte juegan un papel fundamental en la vida social de los humanos, es por ello que el proyecto apunta a dar la máxima seguridad y vida útil a las bombillas de frenado de la parte trasera de los vehículos de transporte privado y público, dada la gran importancia que ello tiene en la movilidad y la seguridad vial.

Bombillas incandescentes con las que se trabaja

OSRAM

Product datasheet

7528

Lamps with metal bases for cars



Product benefits

- High quality
- Wide product range
- Reliable quality

Product features

- Original spare parts

Technical data

Electrical data	
Power input	25 / 6 W
Nominal wattage	21 W
Nominal voltage	12 V
Test voltage	13.5 / 13.5 V

Light technical data

Luminous flux	440 / 55 lm
---------------	-------------

Dimensions & weight

Length	52.5 mm
Diameter	26.5 mm
Product weight	10.50 g

GERMANY NARVA SPEZIALLAMPEN

Stop lamps

12V Signaling



17916

Description
Single filament lamp

Application

Standardization

Type	ECE R37	Value (V)	Value (W)	Cap
17916	P21/5W	12V	21/5W	BA15d

PHILIPS

Lámpara, luz intermitente PHILIPS: 12499 B2

Número(s) corto(s) : GOC 05545330, P21/5W, 5545330

Características bombillos incandescentes.

Base	En contacto con doble bayoneta
Tipo de lámpara	En miniatura - forma de s
Bombilla	s 25
Nominal de la vida	300 hrs
Aplicación principal	Luz de freno
Tensión nominal	24 V
Potencia nominal	21/5 W
Tensión de prueba	28 V
Test de potencia	26.3-29.7 W / 9-11 W
Lúmenes	374-506 lms / 32-48 lms
Filamento	c-6/c-6
Mol	50.8 mm
Id	31.8 mm



Ø 26.5 max.

es 31.8 ± 1.25

45.0 max.

7.5 max.

Nuayi



Haining Huayi Lighting Co., Ltd.

Tipo:	Luz de la cola	Voltaje:	24V
Tipo de la lámpara:	Incandescente	Certificación:	ce
El coche hace:	Camiones	Lugar del origen:	China (continente)
Marca:	huayi	Número de Modelo:	s25 ba15d
Tamaño:	25mm		



Las características de este bombillo son, 1.8 Amperios de corriente continua de consumo, 12V de voltaje de trabajo y 21W de potencia.



Product datasheet

7528

Lamps with metal bases for cars



Ficha Técnica Incandescente

- Position and parking light
- Indicator, brake, fog and reversing lights
- Number plate and side position lights

Product benefits

- OEM Quality
- Wide product range
- Reliable quality

Product features

- Original spare parts

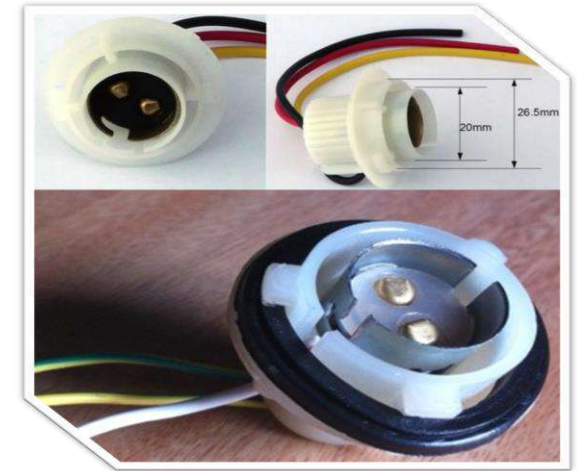
Technical data

Electrical data	
Power input	25 / 6 W
Nominal wattage	21 W
Nominal voltage	12 V
Test voltage	13.5 / 13.5 V

Light technical data	
Luminous flux	440 / 55 lm

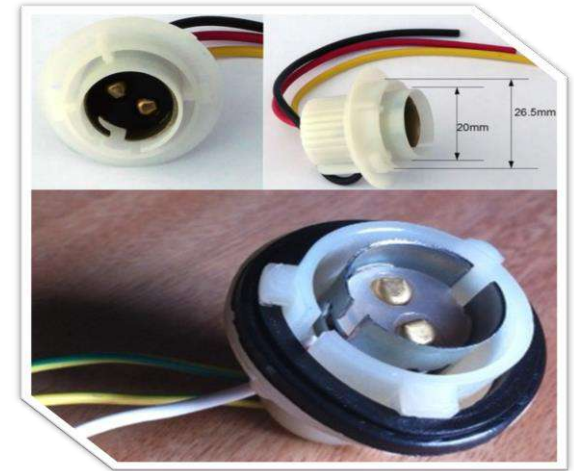
Dimensions & weight	
Length	52.5 mm
Diameter	26.5 mm
Product weight	10.50 g

Portalámparas



Componentes eléctricos del Banco Electrónico de pruebas: se conoce que los bombillos de este tipo operan con corriente directa (continua), por lo tanto, las opciones que se tienen para alimentarlos son, utilizar baterías que por su naturaleza proporcionan corriente directa, o transformar la corriente alterna de la red de suministro.

Portalámparas



Por practicidad no es viable la opción de usar baterías, pues el consumo energético de este tipo bombillos y la cantidad necesaria de bombillos a probar en simultáneo, induce a que las baterías se descarguen rápidamente, por lo que sería necesario algún tipo de sistema de recarga continua, lo que complica de gran manera el sistema de suministro de energía para los bombillos.

Componentes del Banco de Pruebas a la fatiga

Las anteriores afirmaciones conducen a la conclusión de que es más viable elaborar un circuito que transforme la corriente alterna de suministro a corriente directa, la cual se debe transformar y rectificar de corriente alterna a 110 V y 60Hz, a corriente directa 12 V.

Transformador: es el elemento que se encarga de variar (transformar) el voltaje de la corriente, es decir, este elemento reduce el voltaje de entrada en el necesario de salida, pero no le cambia su variabilidad, es decir, que continua como corriente alterna.

Componentes del Banco de Pruebas a la fatiga

La gran cantidad de bombillos para alimentar, y la necesidad de emular el escenario de trabajo de estos lo más precisamente posible, genera varios requerimientos básicos, ya que, para simular estas condiciones para tal cantidad de bombillos, se necesita definir un gran número de variables que definen los límites del sistema y fuente de poder.

Componentes del Banco de Pruebas a la fatiga



Bombillo LED Maxim Lighting: dadas las diferencias que se encuentran en el Mercado, se busca otro bombillo que presente amplias desigualdades con el bombillo de filamento Narva, por este motivo se selecciona el bombillo LED Maxim lighting, el cual posee las mejores capacidades, numero de LED, calidad visual y de acabados, que sus pares competidores.

Las características de este bombillo son, 0.15 Amperios de corriente continua de consumo, 10.5 - 15 V de voltaje de trabajo y 1.8W de potencia.

Componentes del Banco de Pruebas a la fatiga

Para realizar la simulación experimental de la vida útil de los bombillos para una población considerable, se debe contar con una fuente de poder con las características suficientes para abastecer la demanda de carga.

Las mediciones y el registro de fallos de los bombillos deben realizarse sin afectar el funcionamiento de los que puedan seguir en funcionamiento, es decir, los fallos que se presenten en las diferentes poblaciones no deben afectar de ninguna manera el funcionamiento constante de los que siguen en buen estado.

Componentes del Banco de Pruebas a la fatiga

Para lograr este objetivo, el circuito de bombillos se debe conectar en paralelo, para garantizar que el fallo de uno no afecte el paso de energía a los otros y puedan funcionar de manera independiente. Este tipo de conexión hace que las corrientes de consumo se sumen de acuerdo con el número de elementos en conexión, esta información es vital para calcular la carga que de poder soportar la fuente.

Componentes del Banco de Pruebas a la fatiga

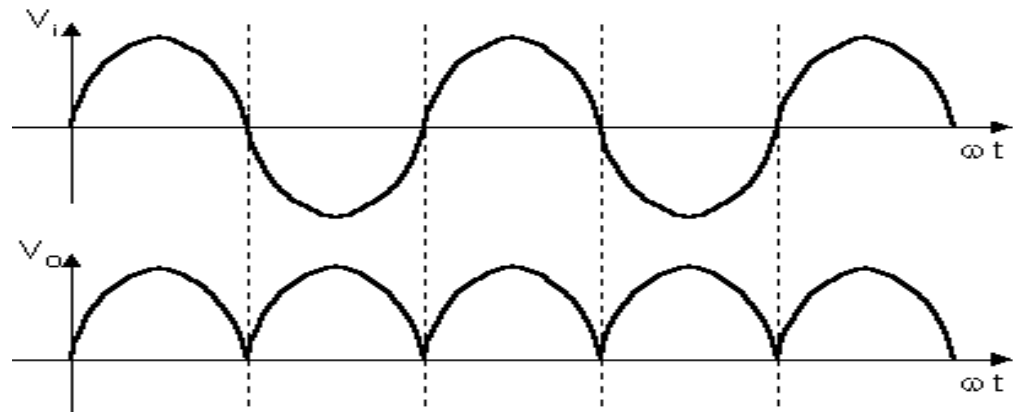
Según la tabla la fuente de poder debe abastecer con 195 amperios el circuito para poder energizar 200 bombillos en total.

Tipo de bombillo	Consumo corriente [A]	Consumo 100 unidades [A]	Consumo total [A]
Incandescente	1.8	180	195
LED	0.15	15	

Características de la fuente de poder del sistema: finalmente de acuerdo con los cálculos anteriores, se definen las especificaciones del transformador, de manera que pueda alimentar el sistema en condiciones normales de trabajo, dichas características para su fabricación son las siguientes:

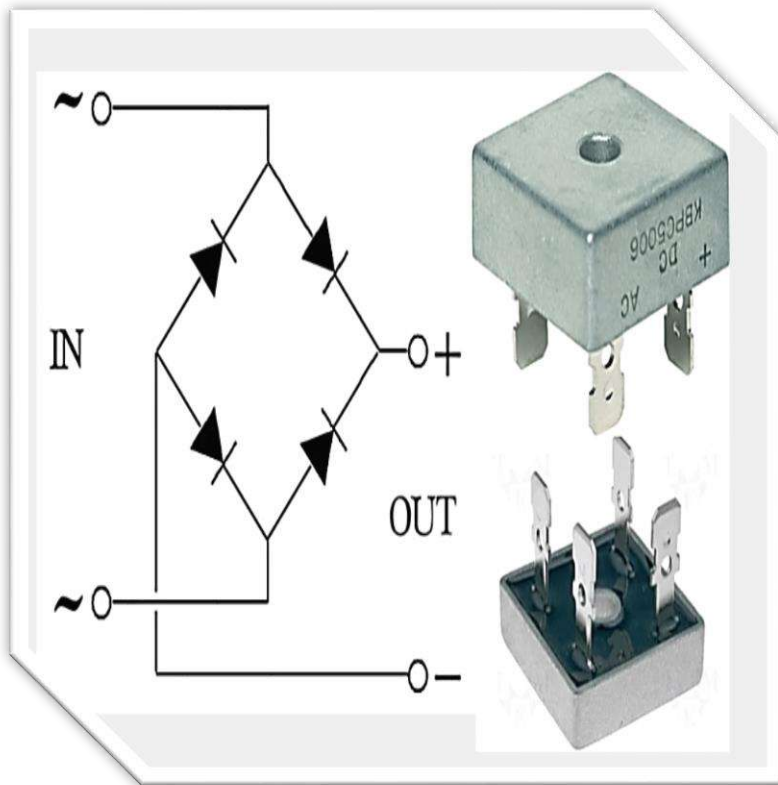
Potencia: 2.2 [KVA], Voltaje de entrada: 110 [V], Voltaje de salida: 12 [V], Corriente de entrada: 20 [A] y Corriente de salida: 245 [A].

Componentes del Banco de Pruebas a la fatiga



La transformación de corriente de alterna a continua, se realiza por medio de puentes rectificadores de corriente, los cuales convierten la oscilación sinusoidal de la corriente alterna en una corriente rectificada pulsante.

Componentes del Banco de Pruebas a la fatiga



Rectificador



Condensadores

Componentes del Banco de Pruebas a la fatiga

El microcontrolador es el elemento principal del subsistema de control, es el más importante ya que mediante de él se simula la acción real de frenado de vehículos en la vida cotidiana transitando en calles y autopistas; es el que permite controlar los tiempos de encendido y apagado de los bombillos. El micro controlador es un **circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria pues posee pines de entrada y de salida, y con la lectura que obtiene de las entradas puede decidir sobre las salidas.**



Componentes del Banco de Pruebas a la fatiga

El microcontrolador es el elemento principal del subsistema de control

Para la investigación se usa el micro controlador Arduino® Mega2560; el cual es una plataforma de electrónica abierta para la creación de prototipos basada en software y hardware flexible, el Arduino es un circuito integrado que contiene toda la estructura de un ordenador (CPU, memoria RAM, memoria ROM y conexiones de entrada/salida).

Circuito Controlador Arduino Simulator

Componentes del Banco de Pruebas a la fatiga

El microcontrolador es el elemento principal del subsistema de control



Imagen y conexión en proteus del Atmega 2560

Componentes del Banco de Pruebas a la fatiga

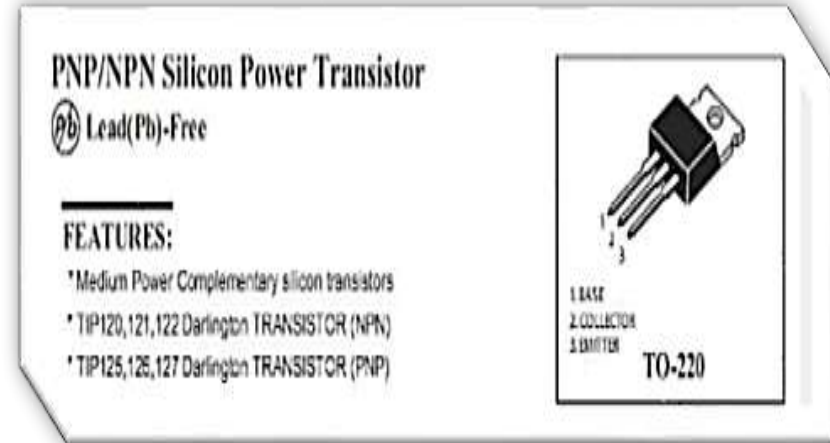
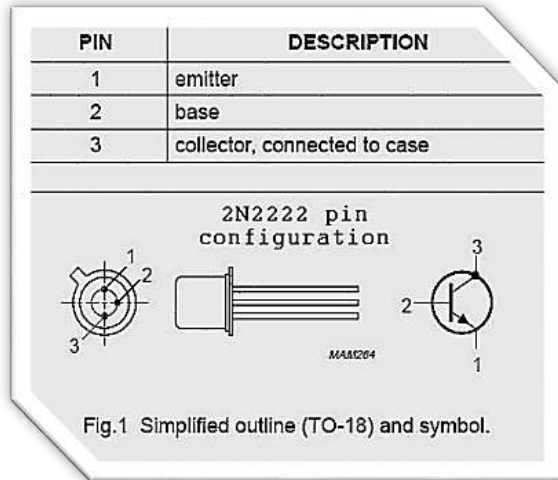


Relés



El conjunto de elementos funciona de la siguiente manera: a partir de un circuito de bajo voltaje y corriente se energiza la bobina, esta al ser energizada crea un campo magnético el cual atrae la armadura hacia el núcleo de la bobina, debido a que la armadura pivota sobre un punto esta hace cerrar o abrir los contactos (de acuerdo con el tipo de relé, si es normalmente abierto o normalmente cerrado). El relé se usa para interrumpir el paso de la corriente (circuitos eléctricos) a partir de corrientes pequeñas (circuitos electrónicos), es decir, si el relé recibe corriente.

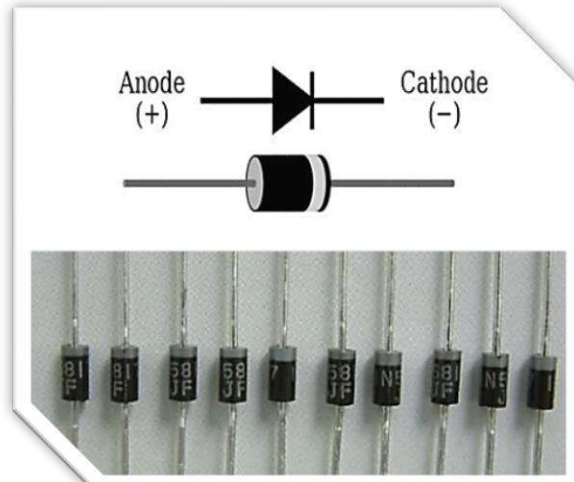
Componentes del Banco de Pruebas a la fatiga



Transistores se utilizan para controlar el encendido y apagado de los bombillos LED, son los transistores de tipo TIP 121, los cuales reciben directamente la señal desde el microcontrolador, dando accionamiento al puente que da el paso de corriente que alimenta los bombillos LED.



Componentes del Banco de Pruebas a la fatiga

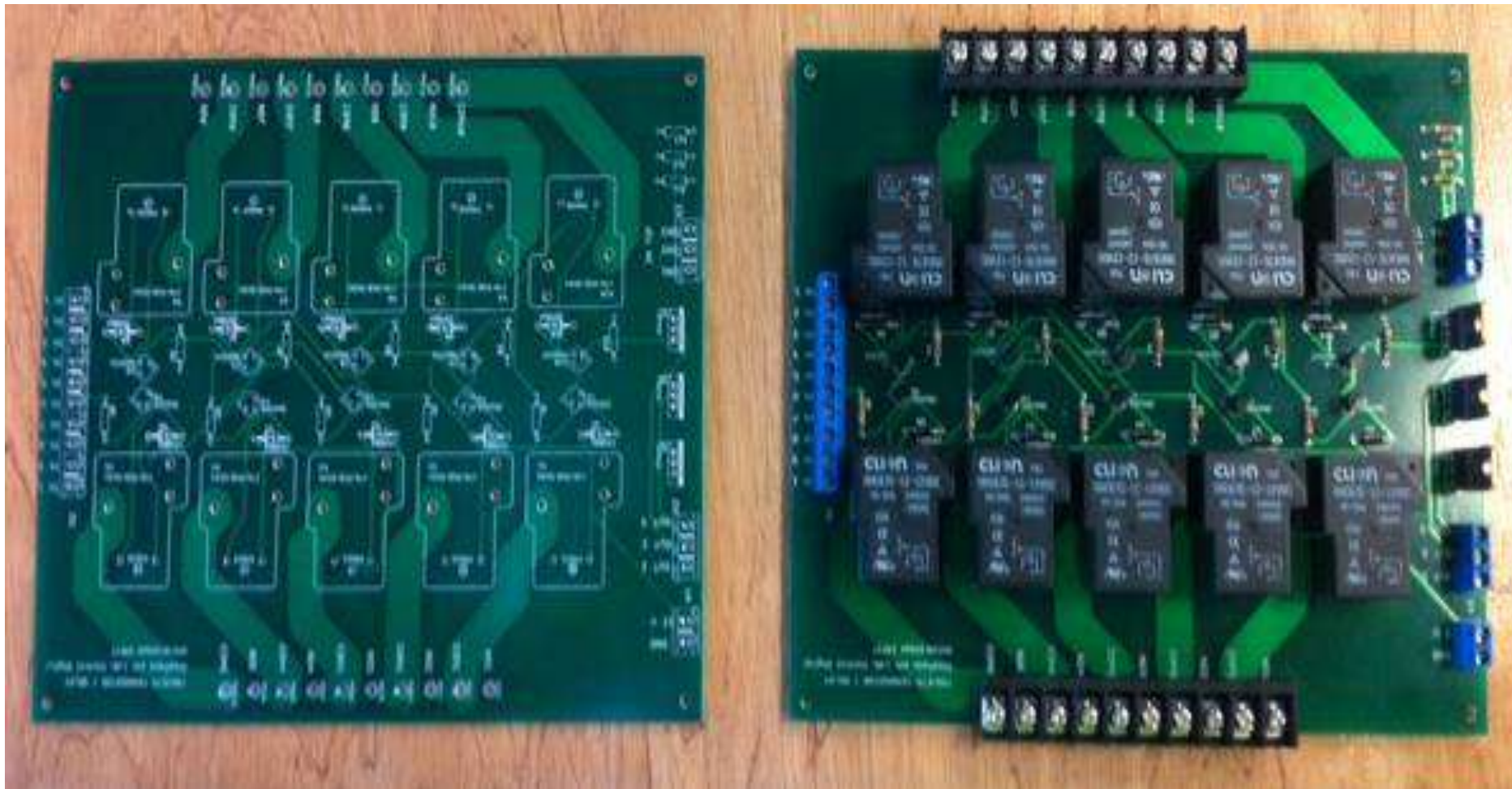


Transistores
Resistencias y
Diodos

De esta manera se controla totalmente el funcionamiento simulado a la vida real de los 200 bombillos (LEDs e Incandescentes), para fatigarlos y poder medir su confiabilidad con el fin de probar si sí o no su están en la zona tres de Weibull o comprobar el Mito de si las bombillas fallan por viejas, fatiga o envejecimiento.

Componentes del Banco de Pruebas a la fatiga

Circuitos reales controladores de la simulación y fatiga inducida



Vida útil

Componentes del Banco de Pruebas a la fatiga

Las fallas típicas en incandescentes muestran graficas como la siguiente. En cambio la falla en los LEDS se miden cuantificando los lumens.



Mediciones de confiabilidad cálculo y predicciones de vida útil de incandescentes y LEDs

CMD - Fundamentos de medición científica y predicción de vida útil bajo sistemas de distribuciones.

El proceso consiste en seleccionar el tipo de disponibilidad más adecuada para valorar la confiabilidad, dado que los elementos a medir son no reparables, de una vez se toma la decisión de utilizar del Método internacional CMD de medición y predicción de confiabilidad

Mediciones de confiabilidad cálculo y predicciones de vida útil de incandescentes y LEDs

CMD - Fundamentos de medición científica y predicción de vida útil bajo sistemas de distribuciones.

utilizar del Método internacional CMD de medición y predicción de confiabilidad, inicialmente el sistema de distribuciones de Weibull, donde se prueban estadística y estocásticamente los dos valores de vida útil acumulados durante los seis años del experimento, de tal forma que se les prueba a la función estadística de Coeficiente Alfa de Cronbach, para determinar si los datos obtenidos son coherentes,

Tamaño muestral y poblacional, cálculos

Se diseño la muestra universal y la poblacional con cálculos estadísticos y estocásticos para pruebas finita e infinita, se poseen miles de datos que se corren en softwares especializados de Weibull diseñados para ello.

Cálculos para la determinación muestral de tamaño n de la prueba final

Media		0.0323	190.5290
Desviación estándar σ de la muestra		0.180	55.210
Proporción positiva		3.23%	
Proporción negativa		100.00%	
Población o Universo		100	Población o Universo
Error de precisión máximo deseado		1%	100
Rango de error permisible más o menos			1%
			3.811
			190.53 más o menos 3.81
Probabilidad (distribución normal)		95%	99%
Nivel Z deseado		1.6449	2.3263
n con población infinita		873	1136
Validación de si n es igual o mayor al 5%		No cumple la n de infinita	No cumple la n de infinita
n con población finita		90	92
n final estimada	Proporciones	Valores	
	Se toma finita con n igual a	Se toma finita con n igual a	
	90	92	
En este caso particular se toma la n mayor de las dos características		92	

Tamaño muestral y poblacional, cálculos

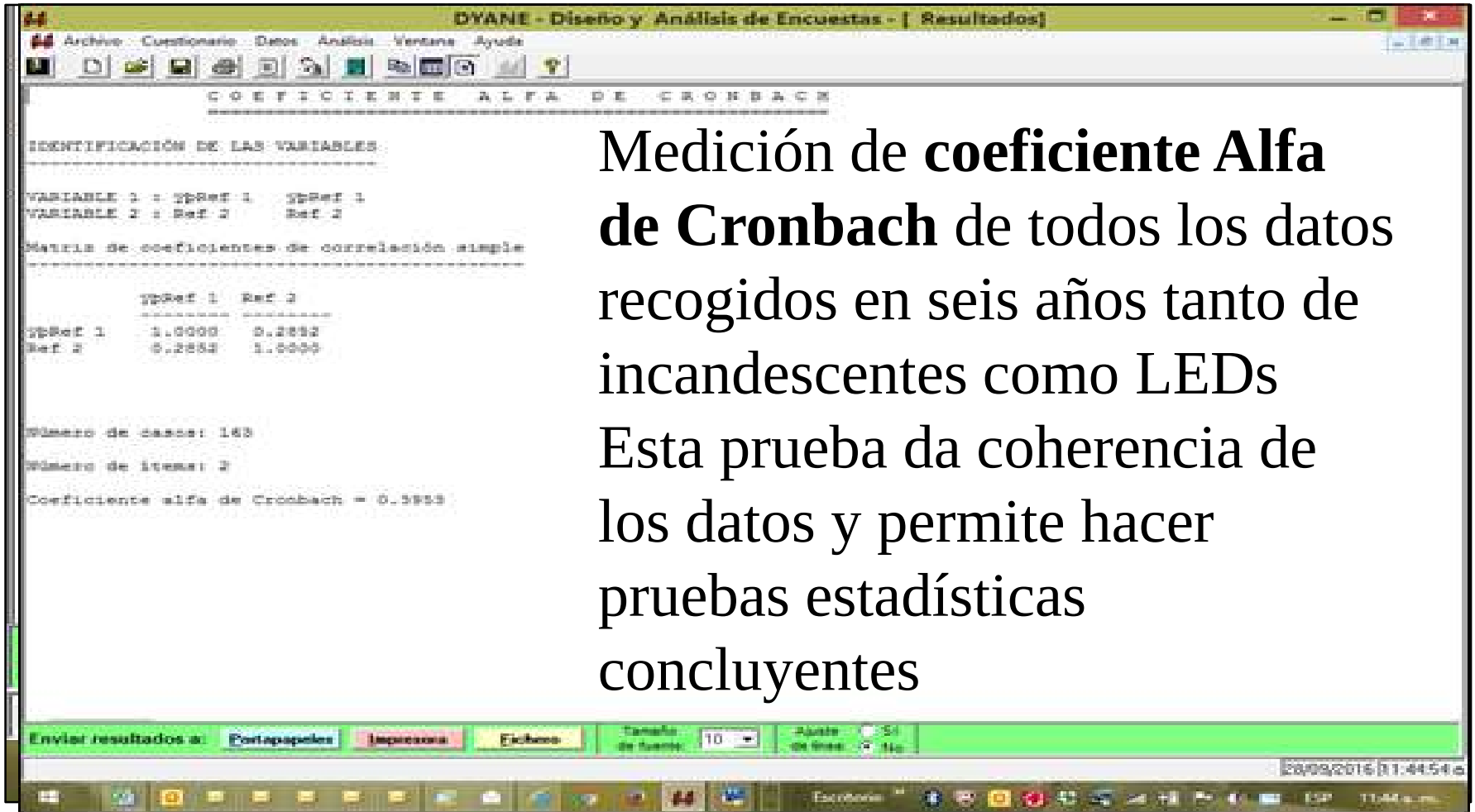
Se diseñó la muestra universal y la poblacional con cálculos estadísticos y estocásticos para pruebas finita e infinita, se poseen miles de datos que se corren en softwares especializados de Weibull diseñados para ello.

Cálculos para la determinación muestral de tamaño n de la prueba final

Media	1.0000	717.3032
Desviación estándar σ de la muestra	0.000	4.434
Proporción positiva	21.68%	
Proporción negativa	79.02%	
Población o Universo	100	
Error de precisión máximo deseado	1%	
Rango de error permisible más o menos		
Probabilidad (distribución normal)	95%	
Nivel Z deseado	1.6449	
n con población infinita	4635	
Validación de si n es igual o mayor al 5%	No cumple la n de infinita	
n con población finita	98	
n final estimada		
Proporciones		Valores
Se toma finita con n igual a		Se toma infinita con n igual a
98		1
Este caso particular se toma la n mayor de las dos características		98

Este caso particular se toma la n mayor de las dos características		98
n final estimada		
Se toma finita con n igual a		Se toma infinita con n igual a
98		1
Proporciones		Valores
n con población finita		4
Validación de si n es igual o mayor al 5%		Cumple la n de infinita
n con población infinita		4
Nivel Z deseado		1.6449
Probabilidad (distribución normal)		95%
Rango de error permisible más o menos		
Error de precisión máximo deseado		1%
Población o Universo		100
Proporción positiva		21.68%
Proporción negativa		79.02%

Mediciones de confiabilidad cálculo y predicciones de vida útil de incandescentes y LEDs



The screenshot shows the 'Resultados' (Results) window of the DYANE software. The window title is 'DYANE - Diseño y Análisis de Encuestas - [Resultados]'. The menu bar includes 'Archivo', 'Cuestionario', 'Datos', 'Análisis', 'Ventana', and 'Ayuda'. The toolbar contains various icons for file operations and analysis. The main content area is titled 'COEFICIENTE ALFA DE CRONBACH' and displays the following information:

IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES:

VARIABLE 1 : tpRef 1 tpRef 1
VARIABLE 2 : Ref 2 Ref 2

Matriz de coeficientes de correlación simple

	tpRef 1	Ref 2
tpRef 1	1.0000	0.2892
Ref 2	0.2892	1.0000

Número de casos: 143
Número de ítems: 2
Coeficiente alfa de Cronbach = 0.3953

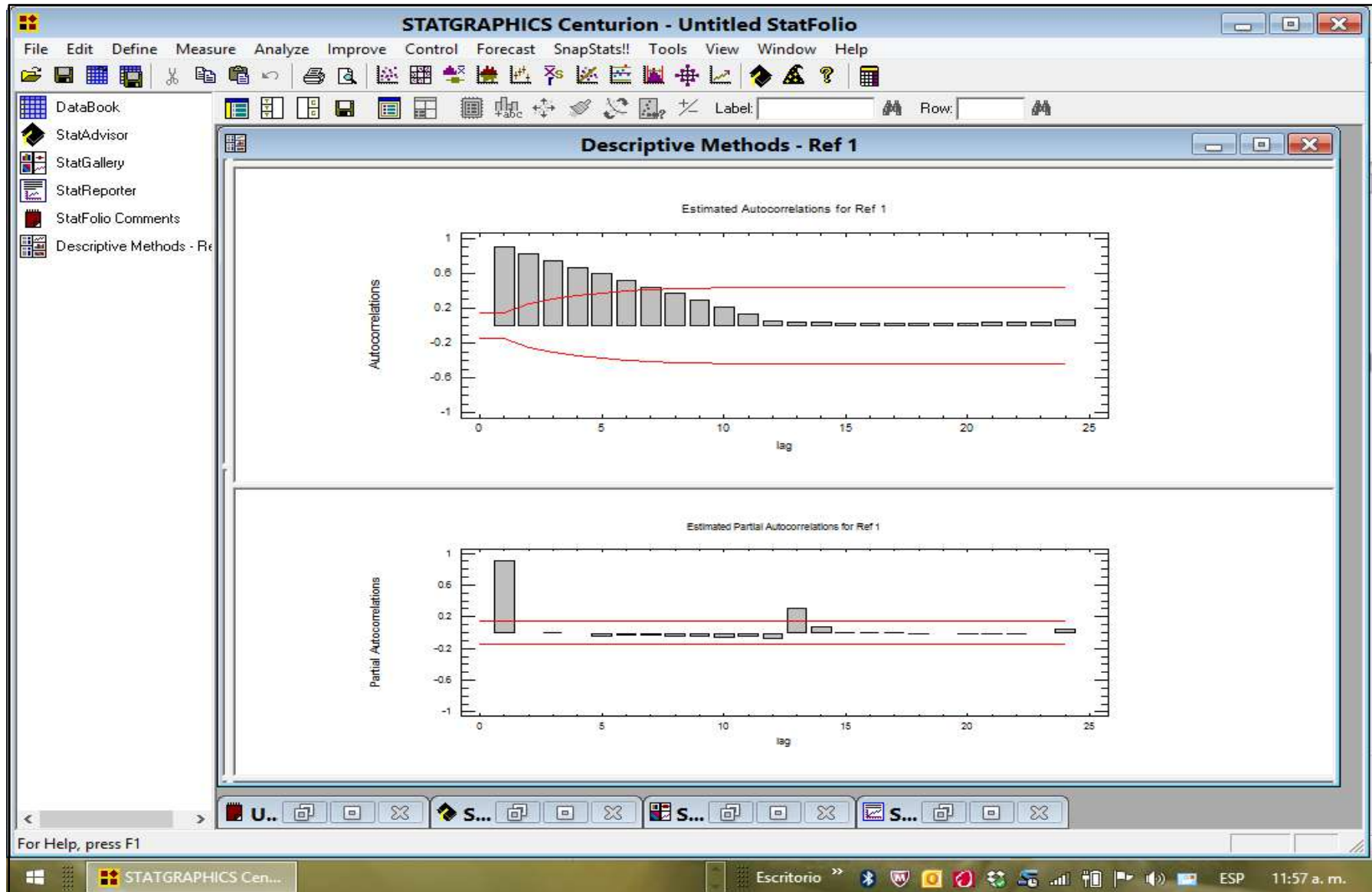
At the bottom of the window, there are buttons for 'Enviar resultados a:', 'Portapapeles', 'Impresora', and 'Fichero'. There is also a 'Tamaño de fuente' (Font size) dropdown set to 10, and a 'Ayuda de línea' (Line help) section with 'Si' (Yes) and 'No' (No) options. The status bar at the bottom right shows the date and time: '28/09/2016 11:44:54 a.m.'.

Medición de **coeficiente Alfa de Cronbach** de todos los datos recogidos en seis años tanto de incandescentes como LEDs
Esta prueba da coherencia de los datos y permite hacer pruebas estadísticas concluyentes

Hoja típica de registro de datos

Número	Vida Útil	INCANDESCENTES Ciclo 4 y 5 muestra			Media es igual 665.6		
1	432.40	Resultados de la muestra			Proporcional	Numérica 1	
2	441.60	Ítem muestral	Elementos al azar (#)	Vida útil	Encima de la media 1 por debajo 0	Vida útil	
3	441.60	113	162	708.4	1	708.4	
4	441.60	114	3	708.4	1	708.4	
5	441.60	115	78	708.4	1	708.4	
6	441.60	116	164	717.6	1	717.6	
7	441.60	117	59	717.6	1	717.6	
8	441.60	118	70	717.6	1	717.6	
9	450.80	119	121	717.6	1	717.6	
10	450.80	120	99	717.6	1	717.6	
11	450.80	121	10	736	1	736.0	
12	450.80	122	27	717.6	1	717.6	
13	450.80	123	73	717.6	1	717.6	
14	450.80	124	150	717.6	1	717.6	
15	460.00	125	87	717.6	1	717.6	
16	460.00	126	34	717.6	1	717.6	
17	469.20	127	71	717.6	1	717.6	
18	469.20	128	97	717.6	1	717.6	
19	469.20	129	144	717.6	1	717.6	
20	469.20	130	12	717.6	1	717.6	
21	469.20	131	139	717.6	1	717.6	
22	469.20	132	160	717.6	1	717.6	
23	469.20	133	154	717.6	1	717.6	
24	469.20	134	118	717.6	1	717.6	
25	469.20	135	87	717.6	1	717.6	
26	478.40	136	120	717.6	1	717.6	
27	478.40	137	83	717.6	1	717.6	
28	478.40	138	69	717.6	1	717.6	
29	487.60	139	145	717.6	1	717.6	
30	487.60	140	92	717.6	1	717.6	
31	487.60	141	40	717.6	1	717.6	
32	487.60	142	77	717.6	1	717.6	
33	496.80	143	127	717.6	1	717.6	
34	496.80						

Pruebas ACF para Bombillas LED



Fórmula de Alfa de Cronbach

$$\alpha = \frac{k}{k - 1} \left(1 - \sum_{i=1}^k \frac{\sigma_i^2}{\sigma_s^2} \right)$$

Donde;

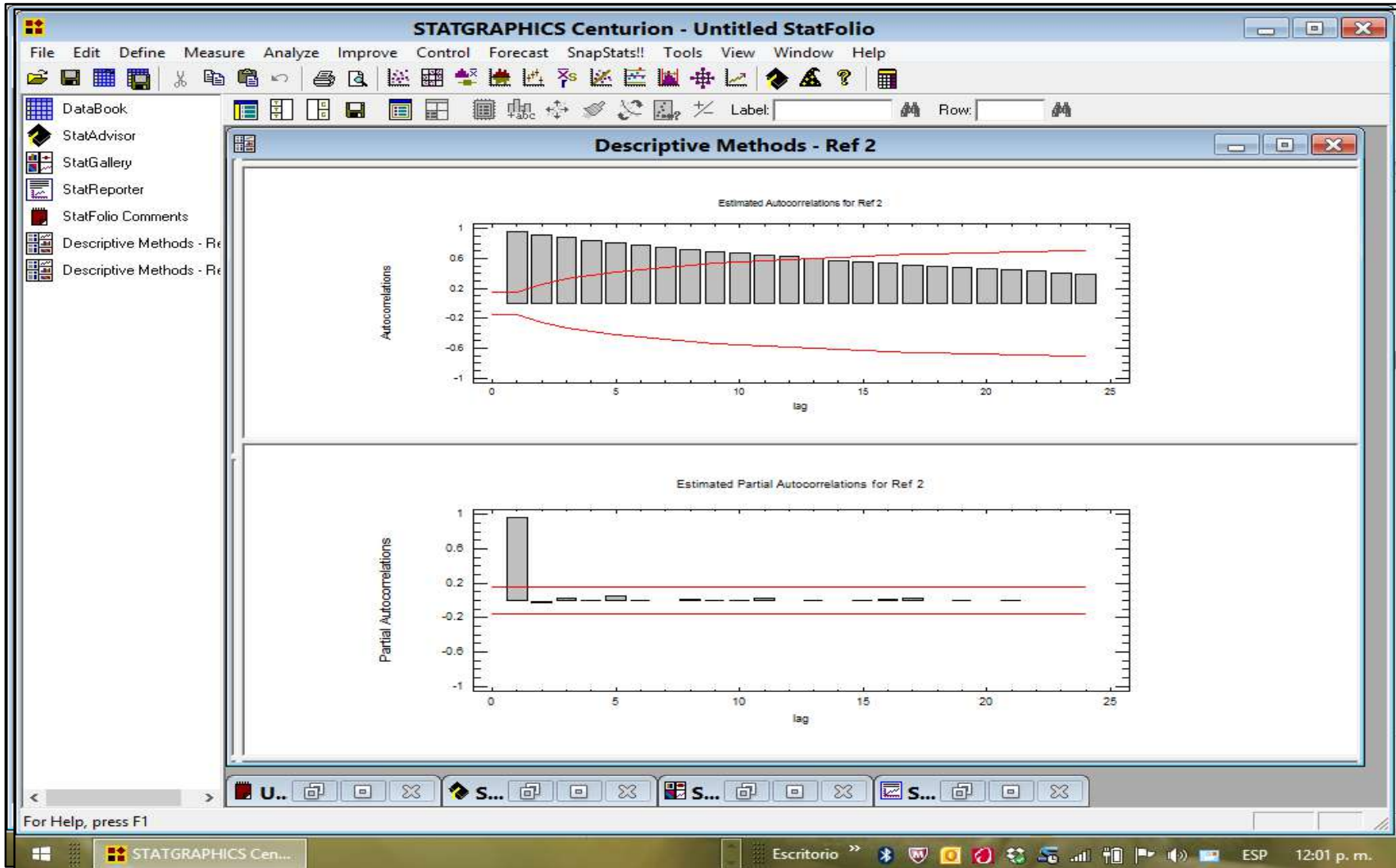
k = Número de ítems de la escala.

σ_i^2 = varianza del ítem i

σ_s^2 = varianza total de la escala

Fuente (Santesmases, 2003).

Pruebas ACF para Bombillas Incandescentes



Hoja típica de registro de datos

LED	
Dato N°	Horas ON
1	257.6
2	607.2
3	625.6
4	625.6
5	644
6	644
7	644
8	644
9	662.4
10	662.4
11	680.8
12	680.8
13	680.8
14	680.8
15	717.6
16	717.6
17	717.6
18	809.6
19	846.4
20	846.4
21	846.4
22	846.4
23	864.8
24	938.4
25	1214.4
26	1214.4
27	1232.8
28	1232.8
29	1251.2
30	1251.2
31	1251.2
32	1416.8
33	1416.8
34	2704.8
35	2760
36	2796.8
37	2796.8
38	2796.8
39	2796.8
40	2796.8

LED	
Dato N°	Horas ON
41	2796.8
42	2796.8
43	2796.8
44	2796.8
45	2815.2
46	2815.2
47	2815.2
48	2815.2
49	2833.6
50	2852
51	2852
52	3054.4
53	3054.4
54	3054.4
55	3054.4
56	3072.8
57	3072.8
58	3072.8
59	3072.8
60	3091.2
61	3091.2
62	3091.2
63	3091.2
64	3091.2
65	3091.2
66	3091.2
67	3091.2
68	3091.2
69	3367.2
70	3367.2
71	3367.2
72	3459.2
73	3459.2
74	3496
75	3514.4
76	3624.8
77	3624.8
78	3624.8
79	3624.8
80	3643.2

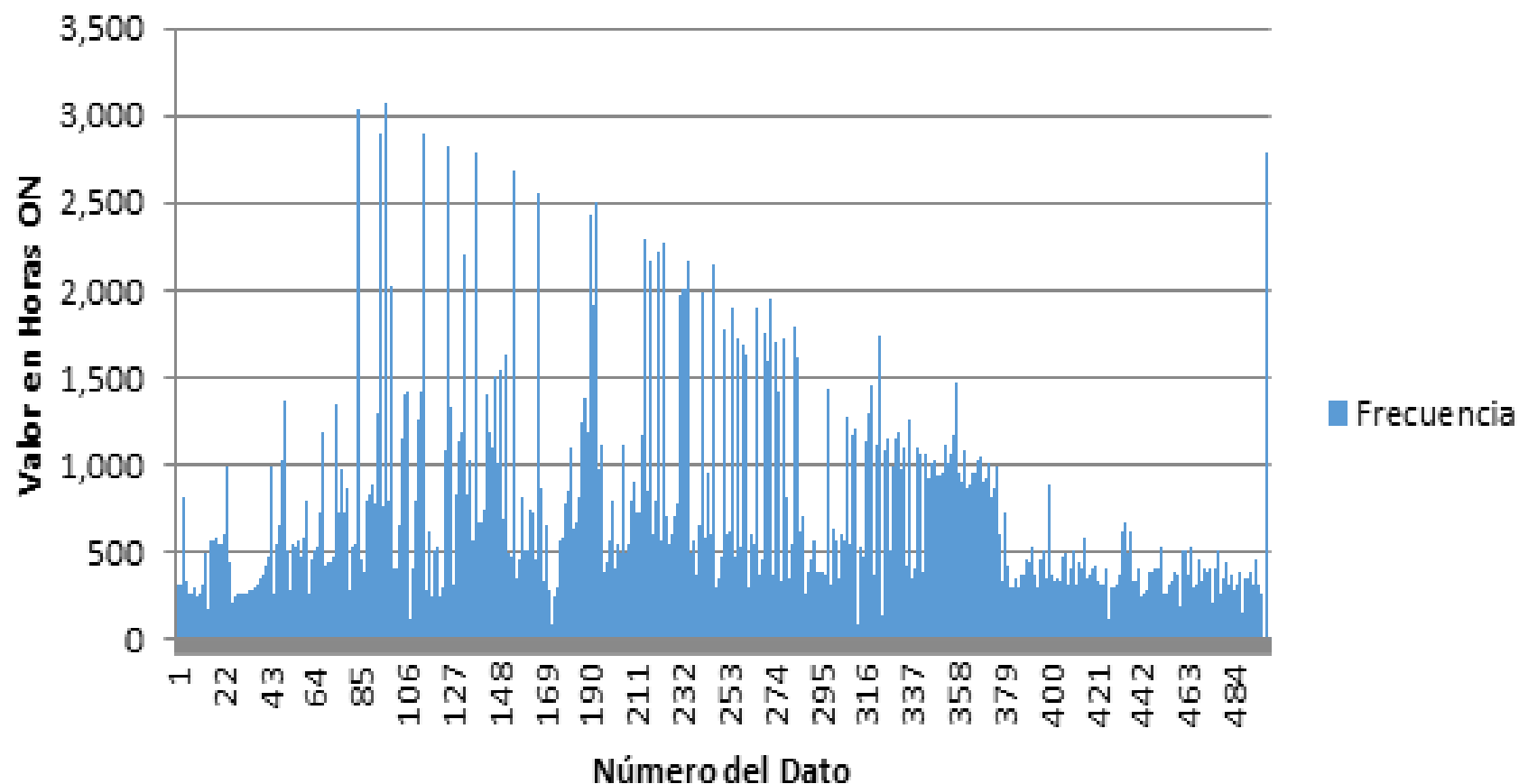
LED	
Dato N°	Horas ON
81	3643.2
82	3643.2
83	3643.2
84	3661.6
85	3661.6
86	3661.6
87	3661.6
88	3661.6
89	3661.6
90	3661.6
91	3661.6
92	5832.8
93	5832.8
94	5832.8
95	5832.8
96	5832.8
97	6403.2
98	6403.2
99	8592.8
100	10561.6

Hoja típica de registro de datos

Incandescentes		Incandescentes		Incandescentes		Incandescentes	
Dato N°	Horas ON	Dato N°	Horas ON	Dato N°	Horas ON	Dato N°	Horas ON
1	349.60	41	717.60	81	1159.20	121	1987.20
2	358.80	42	726.80	82	1168.40	122	2005.60
3	368.00	43	736.00	83	1177.60	123	2014.80
4	377.20	44	745.20	84	1186.80	124	2024.00
5	386.40	45	754.40	85	1196.00	125	2051.60
6	395.60	46	772.80	86	1214.40	126	2152.80
7	404.80	47	782.00	87	1242.00	127	2162.00
8	414.00	48	791.20	88	1251.20	128	2208.00
9	423.20	49	800.40	89	1260.40	129	2226.40
10	432.40	50	809.60	90	1278.80	130	2272.40
11	441.60	51	818.80	91	1288.00	131	2290.80
12	450.80	52	837.20	92	1324.80	132	2428.80
13	460.00	53	855.60	93	1352.40	133	2438.00
14	469.20	54	864.80	94	1370.80	134	2502.40
15	478.40	55	874.00	95	1380.00	135	2557.60
16	487.60	56	883.20	96	1398.40	136	2677.20
17	496.80	57	901.60	97	1407.60	137	2787.60
18	506.00	58	910.80	98	1416.80	138	2824.40
19	515.20	59	920.00	99	1426.00	139	2888.80
20	524.40	60	938.40	100	1444.40	140	2898.00
21	533.60	61	956.80	101	1453.60	141	3045.20
22	542.80	62	966.00	102	1472.00	142	3082.00
23	552.00	63	975.20	103	1508.80		
24	561.20	64	984.40	104	1545.60		
25	570.40	65	993.60	105	1600.80		
26	579.60	66	1002.80	106	1619.20		
27	588.80	67	1012.00	107	1628.40		
28	598.00	68	1021.20	108	1637.60		
29	607.20	69	1030.40	109	1692.80		
30	616.40	70	1039.60	110	1702.00		
31	625.60	71	1048.80	111	1720.40		
32	634.80	72	1058.00	112	1729.60		
33	644.00	73	1076.40	113	1748.00		
34	653.20	74	1085.60	114	1766.40		
35	662.40	75	1094.80	115	1775.60		
36	671.60	76	1104.00	116	1794.00		
37	680.80	77	1113.20	117	1904.40		
38	690.00	78	1122.40	118	1922.80		
39	699.20	79	1140.80	119	1950.40		
40	708.40	80	1150.00	120	1978.00		

Frecuencias de validación

Frecuencia de bombillas incandescentes



Mediciones de confiabilidad cálculo y predicciones de vida útil de incandescentes y LEDs

También se mide la correlación para determinar relación entre los datos y por ultimo antes de correr los valores de predicción y cálculos de confiabilidad por Distribuciones con Weibull, LogNormal, Erlang, Raleigh y otras , se hace la valoración de Función de Autocorrelación, mediante la cual se determina si los datos son aleatorios, si se correlacionan entre sí y si tienen pendiente, de esta forma se garantiza que los resultados de Weibull al realizarlos son estadísticamente contundentes en los resultados y concluyentes estadísticamente hablando.

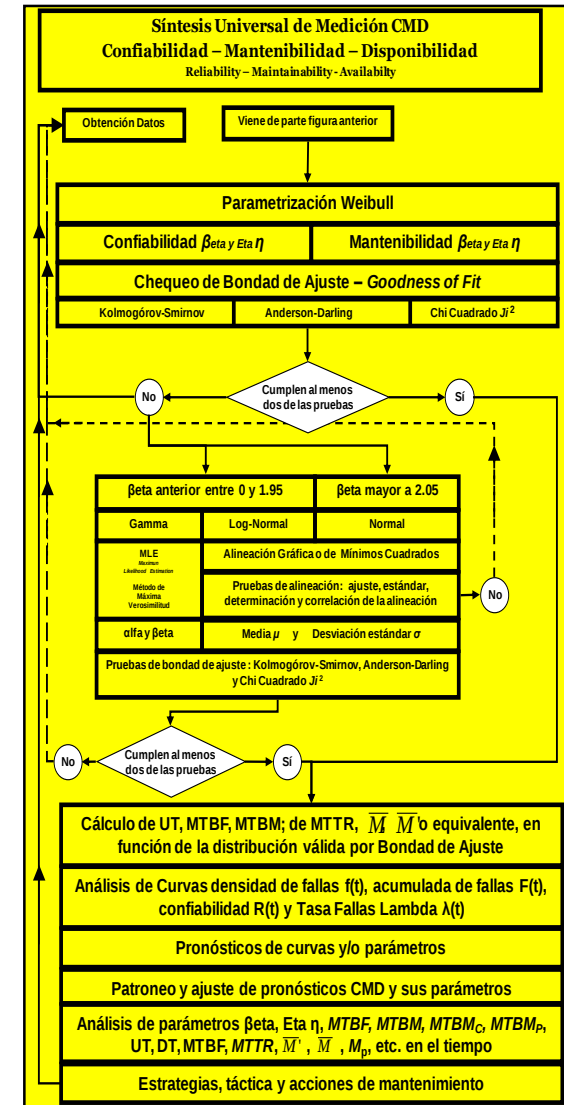
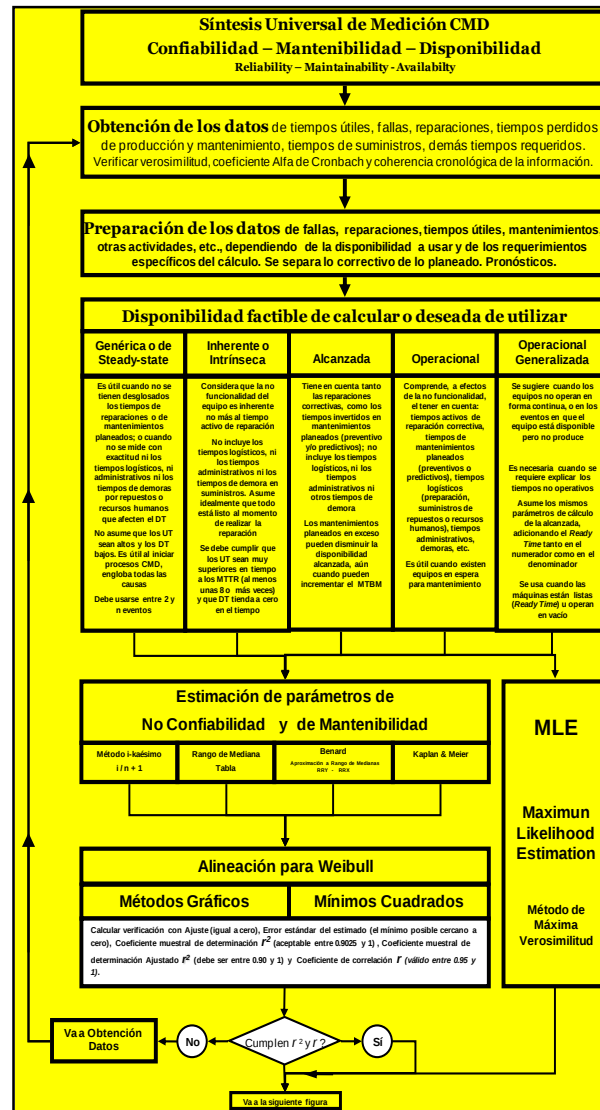
Mediciones de confiabilidad cálculo y predicciones de vida útil de incandescentes y LEDs

INCANDESCENTES				LED s			
Número	Identificación en el Banco de Prueba		Vida útil en horas	Número	Identificación en el Banco de Prueba		Vida útil en horas
	Zona	Letra			Zona	Letra	
37	1	F	303.60	37	1	F	1035.26
38	1	J	303.60	38	1	G	1036.86
39	8	I	303.60	39	2	F	1038.46
40	10	A	303.60	40	2	G	1040.06
41	10	B	312.80	41	4	B	1043.26
42	10	E	312.80	42	4	H	1044.86
43	1	D	312.80	43	5	C	1046.46
44	2	A	312.80	44	5	H	1048.06
45	4	G	322.00	45	6	I	1049.66
46	4	H	322.00	46	6	J	1051.26
47	5	D	322.00	47	8	F	1052.86
48	4	E	322.00	48	9	E	1054.46
49	4	I	322.00	49	9	F	1070.80
50	8	E	322.00	50	9	H	1072.40
51	10	J	322.00	51	4	A	1087.14
52	1	B	322.00	52	9	J	1088.74
53	1	G	322.00	53	8	B	1105.09
54	2	C	322.00	54	9	A	1103.49
55	3	C	349.60	55	7	J	1119.83
56	3	E	349.60	56	9	C	1201.89
57	3	J	349.60	57	10	B	1203.49
58	4	B	349.60	58	2	E	1218.23
59	5	C	349.60	59	3	G	1219.83
60	6	C	349.60	60	3	J	1221.43
61	10	D	349.60	61	9	G	1223.03
62	4	C	349.60	62	1	H	1264.06
63	4	D	349.60	63	7	B	1278.80
64	5	A	349.60	64	1	D	1306.69
65	6	I	358.80	65	1	I	1308.29
66	7	J	358.80	66	1	J	1309.89
67	8	C	358.80	67	2	D	1311.49
68	5	G	358.80	68	3	D	1313.09
69	6	G	358.80	69	7	C	1314.69
70	8	B	358.80	70	7	D	1316.29
71	1	H	358.80	71	7	F	1317.89
72	2	B	358.80	72	2	H	1332.63
73	2	F	358.80	73	8	A	1334.23
74	5	E	368.00	74	8	D	1335.83
75	5	J	368.00	75	8	H	1337.43
76	6	J	368.00	76	10	A	1339.03
77	7	D	368.00	77	2	I	1380.06
78	7	G	368.00	78	2	J	1381.66
79	8	D	368.00	79	3	H	1383.26
80	8	G	368.00	80	10	H	1263.26
81	3	B	386.40	81	10	E	1412.74
82	4	A	404.80	82	10	G	1414.34
83	5	F	294.40	83	3	B	1442.23
84	6	D	294.40	84	10	J	1496.40
85	7	B	294.40	85	10	C	1537.43
86	7	I	294.40	86	2	C	1604.74

Mediciones de confiabilidad cálculo y predicciones de vida útil de incandescentes y LEDs

ALFACRONBACH - Microsoft Excel (Error de activación de productos)					
Archivo Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista Nueva ficha Nueva ficha					
Calibri 11 Fuente Alineación Número Estilos Celdas					
F13					
Sirve con 0.72088 en Cronbach			Suspenda variables - Simplemente selecciones No en la Pestaña	Coeficiente alfa de Cronbach	
Favor limpie primero los datos anteriores, con la Macro del recuadro azul abajo.				Fecha	
				Dato No. 1	Dato No. 2
El programa está diseñado para trabajar hasta 13000 Variables, cada una de ellas con hasta 150 datos, coloque por favor el primer dato de la primera variable en la celda eg			Variable 1	756	754.1
			Variable 2	257.6	607.2
			Variable 3		625.6
			Variable 4		
			Variable 5		
			Variable 6		
			Variable 7		
			Variable 8		
			Variable 9		
			Variable 10		
			Variable 11		
			Variable 12		
			Variable 13		
			Variable 14		
			Variable 15		
			Variable 16		
			Variable 17		
			Variable 18		
			Variable 19		
			Variable 20		
			Variable 21		
			Variable 22		
			Variable 23		
			Variable 24		
			Variable 25		
			Variable 26		
Limpia					
Se están revisando 2 referencias en total					

Mediciones de confiabilidad cálculo y predicciones de vida útil de incandescentes y LEDs



Cálculos matemáticos, correlacionales, estocásticos y estadísticos, para concluir resultados de vida útil de bombillas de frenado con distribuciones de Weibull y otras como: Erlang, Hjorth, Gamma, Rayleigh, LogNormal, Normal.

Las metodologías con los diferentes softwares aseguran resultados al hacer los cálculos necesarios de orden científico, con base en la metodología internacional de confiabilidad por distribución.

Se utilizan softwares como Weibull, Statgraphics, Vanguard Decision Making, CMD y CMD++ especialmente diseñado por el autor para estas pruebas

Softwares

CMD++ .xlsx - Excel Luis Alberto Mora Gutierrez

Archivo Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista Complementos Power Pivot XLSTAT ¿Qué desea hacer? Compartir

Pegar Fuente Alineación Número Estilos Celdas Edición

H3

CIMPRO
Consultoría de Ingeniería - Mantenimiento - Operación - Producción - Proyectos

1 cimpro@mail.com
2 Teléfono 57 4 5048000
3 Celular 57 312 2874586

Macro para Calcular CMD

Salir de forma segura

	No Planeados	Planeados
Dato Número	Tiempos de Confiabilidad Tomados MTBM _C	Tiempos de Mantenibilidad Tomados MTTR
1	20	5.2
2	150	27
3	134	67
4	440	3
5	20	5.2
6	150	27
7	134	67
8	440	3
9	20	5.2
10	150	27
11	134	67

Introduzca los datos completos, recuerde que deben tener en fila la misma longitud, es decir la cantidad de datos de cada Variable debe ser igual, para que sean comparables. Seleccione la distribución, el método de alineación o no y la Bondad de Ajuste. Luego de doble click izquierdo en el la macro del recuadro negro izquierdo

Seleccione la Función se Cálculo que desea por favor Weibull

Escoja el Método de Alineación o No que desea BENARD

Defina qué prueba de Bondad de Ajuste desea - Goodness of Fit Kolmogórov - Smirnov

INICIO RESULTADOS **Datos** Informe General Betas Betas Integrales Betas No Planead ...

Listo

90%

6:43 p. m.
20/04/2018

Softwares y Procesos de cálculo y predicciones

<i>Distribución</i>	<i>Criterios</i>
Normal	- Describe fenómenos de envejecimiento de equipos (Díaz, 1992). - Describe fenómenos de modelos de fatiga (Ebeling, 2005) - Describe fenómenos naturales (Ramakumar, 1996). - Los componentes son afectados desde un comienzo por el desgaste (Rojas, 1975).
Exponencial	- Las reparaciones constituyen un intercambio de piezas estándar. - Fallas aleatorias y que no dependan del tiempo que lleve en funcionamiento. - Describe situaciones de función de tasa de falla constante (Rojas, 1975). - El componente usado que aún no ha fallado, es estadísticamente tan bueno como un componente nuevo. - Modelar componentes electrónicos (Díaz, 1992). Es un caso particular de la Gamma cuando $\beta = 1$.
Weibull	- Es la única función de probabilidad que puede utilizarse para representar cualquier tipo de distribución (Kelly y otro, 1998, 24). - Representar la vida de los componentes. - Vida de servicio de tubos y equipos electrónicos (Rojas, 1975).
Gamma	- Conveniente para caracterizar los tiempos de fallas de equipos durante períodos de rodaje (Rojas, 1975, 92). - Adecuada para representar sistemas con componentes <i>stand-by</i> (Díaz, 1992).
Log normal	- Describe bien cuando la mayor parte de las intervenciones son de corta duración (Díaz, 1992). - Aplicada para equipos electrónicos y electromecánicos (Blanchard, 1994). - Se aproxima a la distribución exponencial, y siendo ésta mucho más sencilla de manejar, es esta última la que más se utiliza.
Binomial	- Se aplica en eventos mutuamente excluyentes, falla o no falla (Lewis, 1995).
Poisson	- Frecuentemente usada en gestión de inventarios. - Se usa también en lugar de la distribución binomial cuando se manejan probabilidades de fallas bajas (Díaz, 1992).
Beta	- Usada principalmente en procesos acotados en dos extremos (Díaz, 1992).
Erlang	- Es un caso especial de la distribución gamma, K entero (Díaz, 1992).
Rayleigh	- Es un caso especial de la distribución Weibull, $\beta=2$ (Ebeling, 2005).
Chi cuadrada	- Es un caso especial de la distribución gamma, $\lambda=0.5$, y $\nu = 2a$ (Leemis, 1995).
Valores Extremos	- Es usada en modelos que limitan los valores máximos y mínimos (Díaz, 1992).

Softwares y Procesos de cálculo y predicciones

Ecuaciones de medición Weibull y base de softwares

$$\int \lambda(t).dt = \left(\frac{t-t_0}{\eta} \right)^\beta$$

$$\lambda(t) = -\frac{\frac{d[R(t)]}{dt}}{R(t)} = \frac{f(t)}{R(t)}$$

$$R(t) = \exp \left[-\int_0^\infty \lambda(t) * d(t) \right]$$

Los resultados LEDs
e Incandescentes,
muestran

Software CMD

Confiabilidad

ESTIMACIÓN

BENARD

DISTRIBUCIÓN

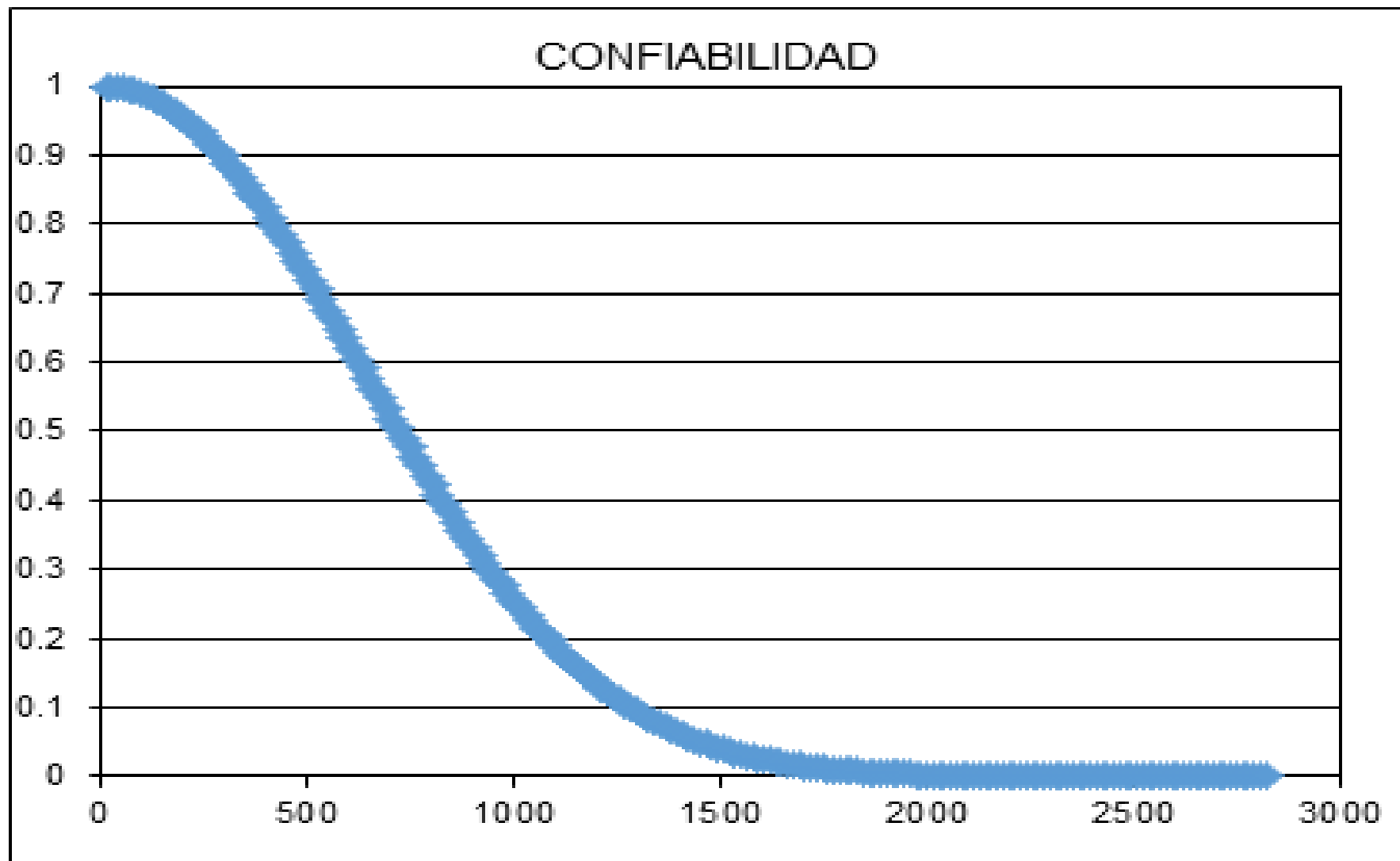
Weibull

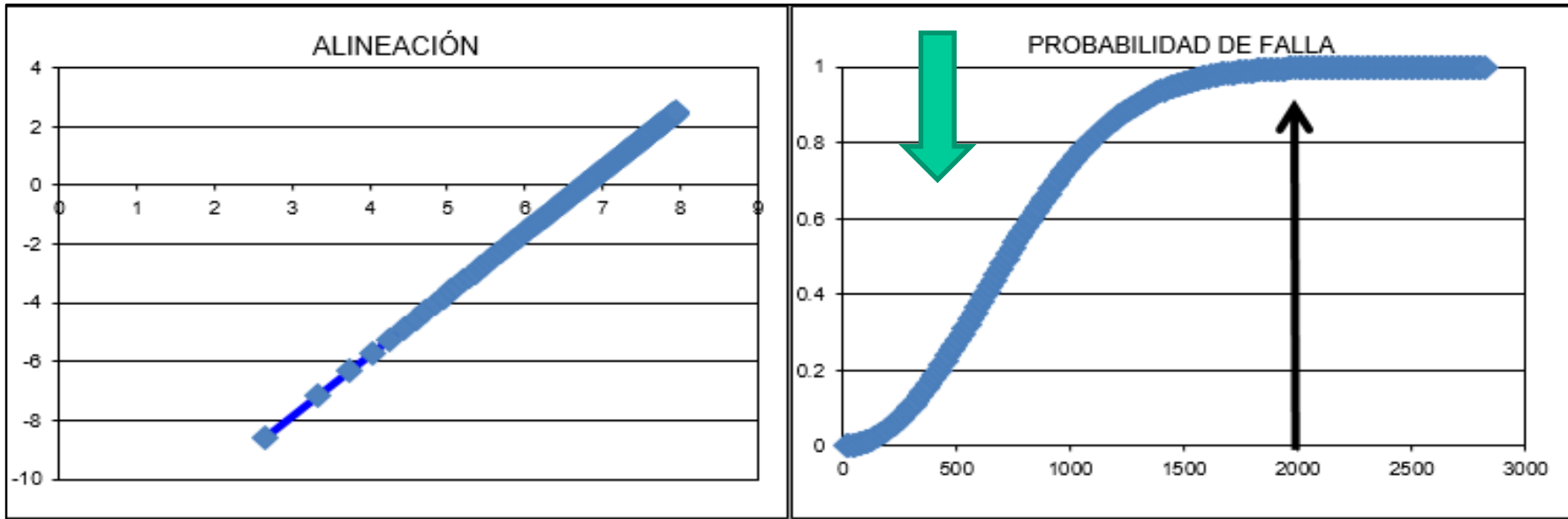
β	2,1462
η	1358,0989
MTBF:	1202,7476

PRUEBA

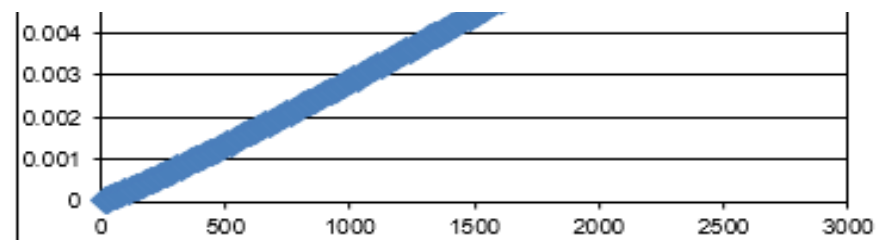
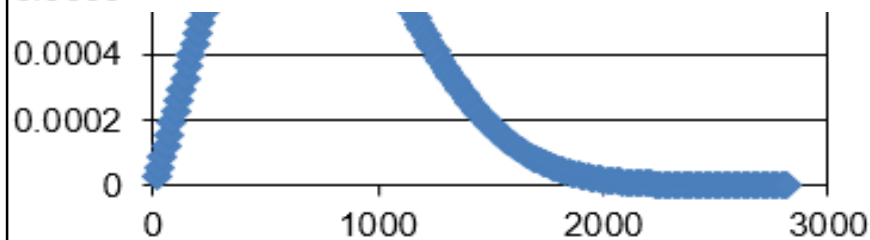
Kolmogorov-Smirnov

V. Prueba:	0,0019
V. Crítico:	0,10
Resultado:	OK





Prueba fehaciente de tercer ciclo de Davies



Software CMD++

CMD++ - Excel										
Paola Andrea Guzman Aristizabal										
Compartir										
Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista Desarrollador ¿Qué desea hacer?										
Pegar Fuente Alineación Número Estilos Celdas Modificar										
A1										
E F G H I J K L M N										
Confiability - No Planeada (Correctiva)										
MTBM _c										
Dato Número	Función Distribución	Tiempo	beta MTBM _c de Confiability	η - Eta de Confiability No Planeada MTBM _c	Alineación	Goodness of Fit	Cumple o no Bondad de Ajuste - Goodness of Fit	MTBM _c Calculado	Tiempo Confiability Calculado MTBM _c	
0		349,60								
1		358,80								
2	Weibull	368,00	37,55	363,13	Benard	Kolmogórov - Smirnov	OK	357,797302	357,797302	
3	Weibull	377,20	30,64	368,96	Benard	Kolmogórov - Smirnov	OK	362,3895915	362,3895915	
4	Weibull	386,40	26,01	374,78	Benard	Kolmogórov - Smirnov	OK	366,9888927	366,9888927	
5	Weibull	395,60	22,68	380,58	Benard	Kolmogórov - Smirnov	OK	371,5938362	371,5938362	
6	Weibull	404,80	20,17	386,36	Benard	Kolmogórov - Smirnov	OK	376,2032831	376,2032831	
7	Weibull	414,00	18,21	392,13	Benard	Kolmogórov - Smirnov	OK	380,8163347	380,8163347	
8	Weibull	423,20	16,63	397,89	Benard	Kolmogórov - Smirnov	OK	385,4322831	385,4322831	
9	Weibull	432,40	15,34	403,64	Benard	Kolmogórov - Smirnov	OK	390,0505651	390,0505651	
10	Weibull	441,60	14,26	409,37	Benard	Kolmogórov - Smirnov	OK	394,6707265	394,6707265	
11	Weibull	450,80	13,34	415,09	Benard	Kolmogórov - Smirnov	OK	399,292397	399,292397	
12	Weibull	460,00	12,55	420,80	Benard	Kolmogórov - Smirnov	OK	403,9152714	403,9152714	

Software Weibull Beta mayor a 3.44 crítico

The screenshot displays the ReliaSoft Weibull++ Version 6 software interface. The main window is titled "ReliaSoft Weibull++ Version 6 - [Folio 1: UNTITLED]". The interface includes a menu bar (File, View, Tools, Window, Help), a toolbar, and a data entry spreadsheet. The spreadsheet has two columns: "Time Failed" and "Subset ID". The rows are numbered 1 through 31. The right-hand side of the interface features a "Main" tab with various analysis options, including "Weibull", "Lognormal", "Exponential", "Normal", and "Mixed". There are also buttons for "Parameters/Type", "RRX", "SRM", "FM", "MED", and "Edit". The bottom status bar shows the date "06/12/2017" and the time "12:03 p. m.".

Software Weibull Beta mayor a 3.44 crítico

ReliaSoft Weibull++ Version 6 - [Folio 1: UNTITLED]

File Edit View Folio Data Format Tools Window Help

B17

D-I	Time Failed	Subset ID
1	82.8	
2	92	
3	101.2	
4	119.6	
5	128.8	
6	165.6	
7	174.8	
8	193.2	
9	202.4	
10	211.6	
11	220.8	
12	239.2	
13	248.4	
14	248.4	
15	257.6	
16	257.6	
17	266.8	
18	266.8	
19	276	
20	276	
21	285.2	
22	285.2	
23	285.2	
24	294.4	
25	294.4	
26	303.6	
27	303.6	
28	312.8	
29	322	
30	322	
31	331.2	

Quick Calculation Pad

Basic Calculations | Confidence Bounds | Parameter Bounds

Options For Calculations:

- ☐ Std. Prob. Calculations
- ☐ Conditional Calculations
- ☐ Failure Rate
- ☐ Warranty (Time) Information
- ☐ BX Information
- ☒ Mean Life

Results Option:

- ☒ Results as Reliability
- ☐ Results as Probability of Failure

Required Input From User:

Results:

Upper Limit: 632.6571

Mean Life: 591.2055

Lower Limit: 552.4698

Confidence: 2S @ 0.9

Calculate

Close

Report...

Help

Folio 1: Data 1

Main | Set Analysis | Other

Weibull | Normal

Lognormal | Exponential

More >>>

Parameters/Type

1 2 3

Mixed Comp. FM

Beta 2.2192

Eta 667.5355

Rho 0.9916

Lk Value -1156.5063

RRY SRM

FM MED

CHKD

F=163/S=0

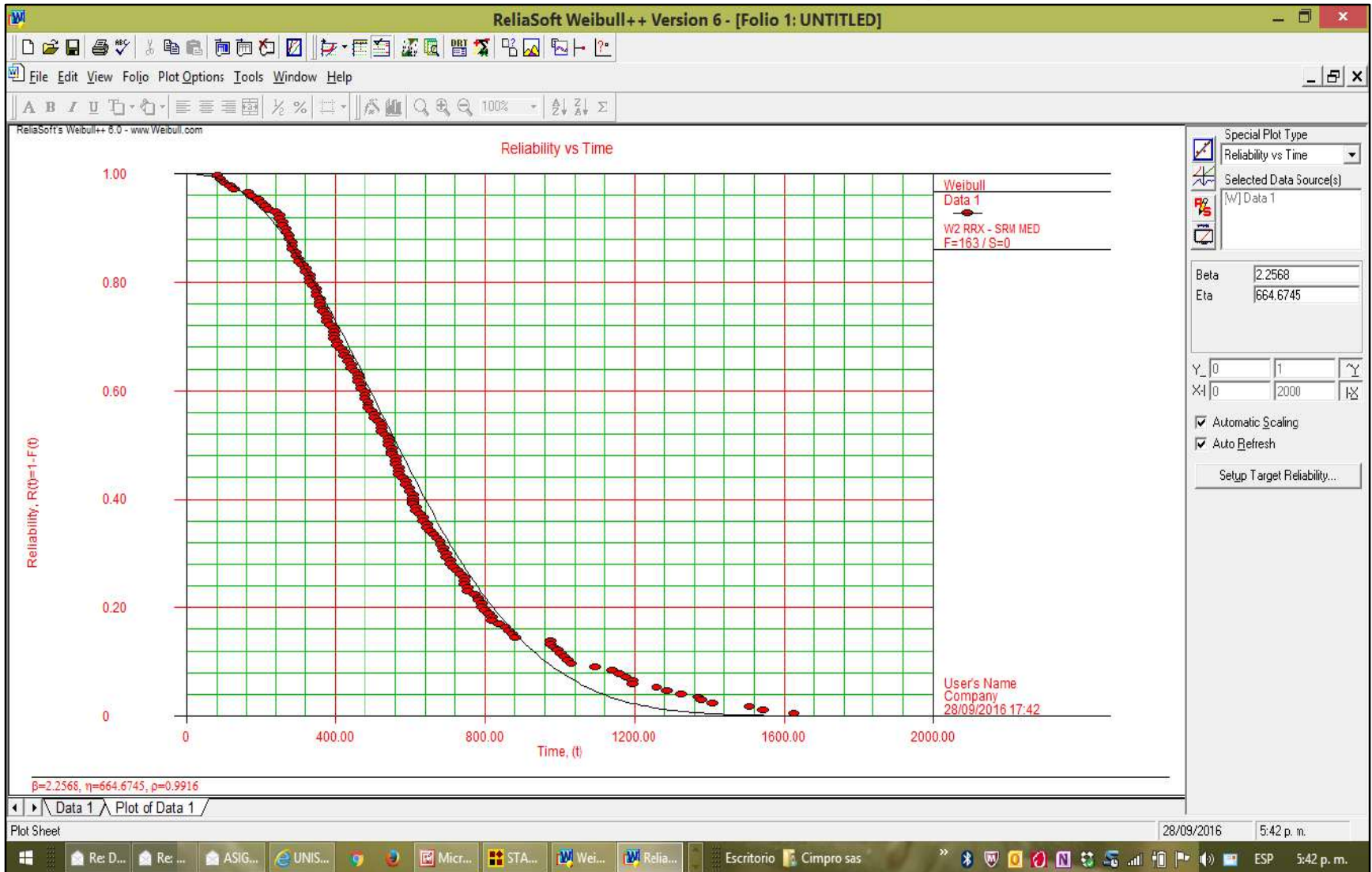
Opens the Quick Calculation Pad for precise reliability results

29/09/2016 5:38 p. m.

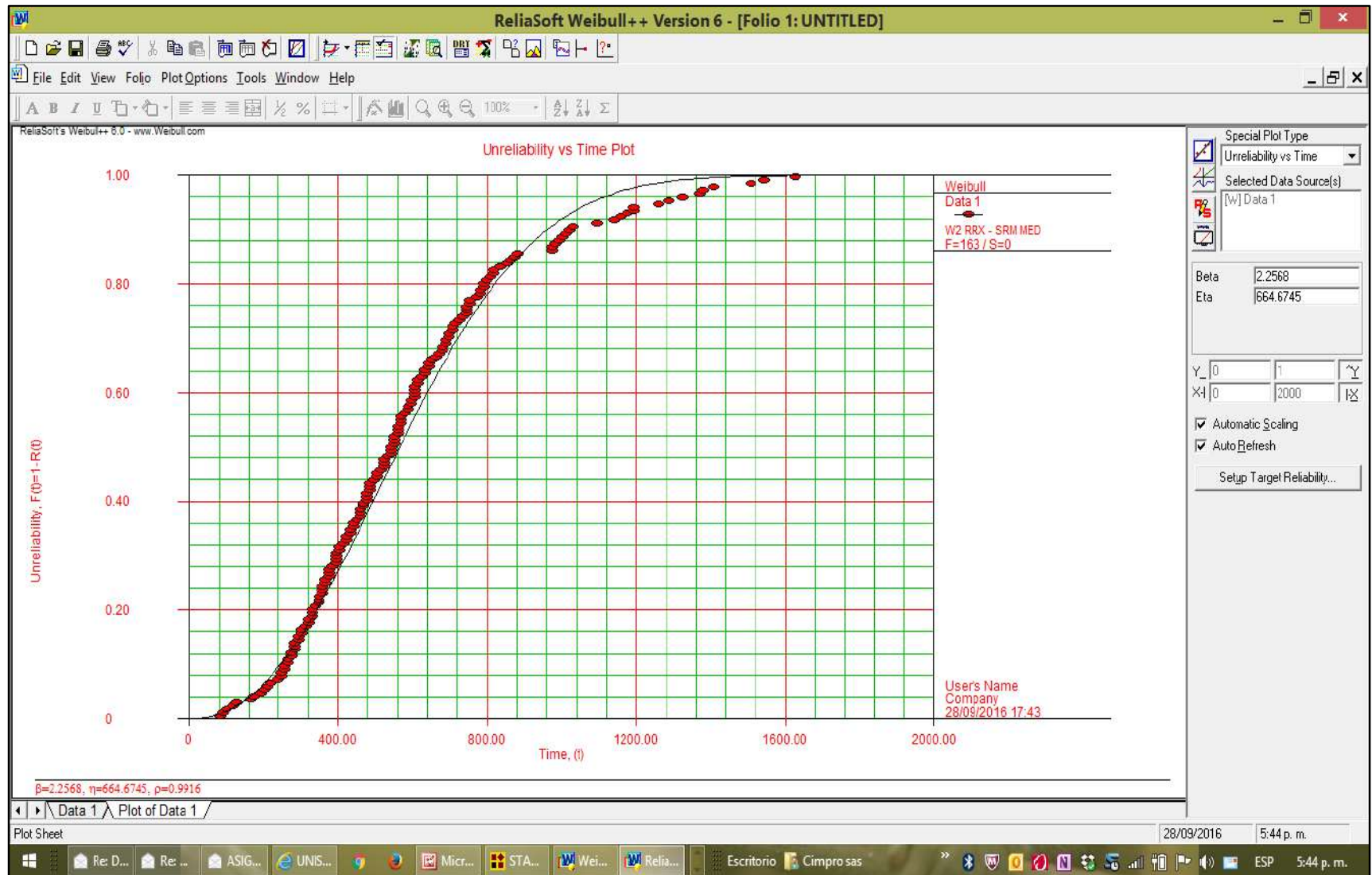
Página de inicio de ... STATGRAPHICS Cen... ReliaSoft Weibull++ ... Escritorio Cimpro sas

ESP 5:38 p. m.

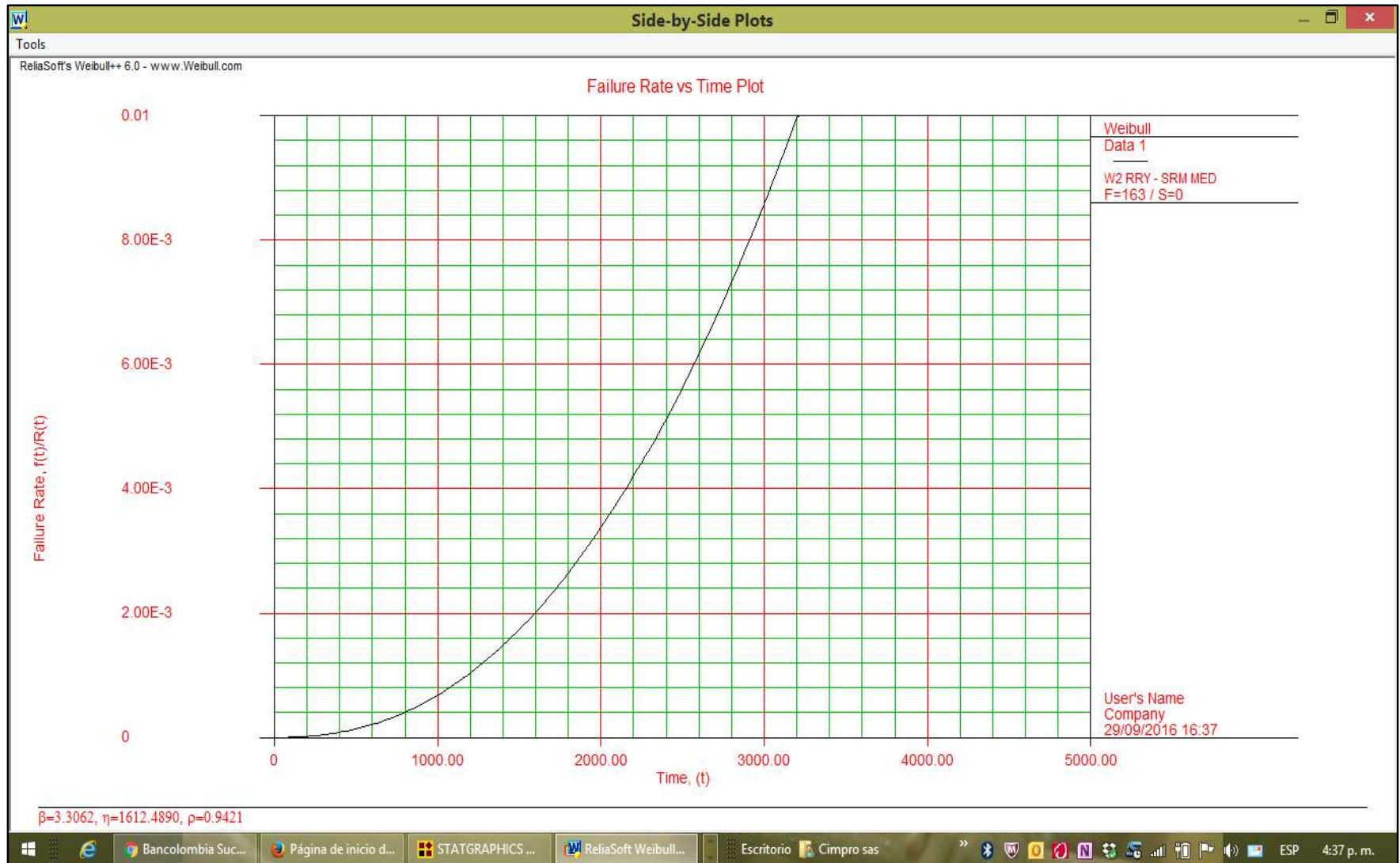
Software Weibull Beta mayor a 3.44 crítico

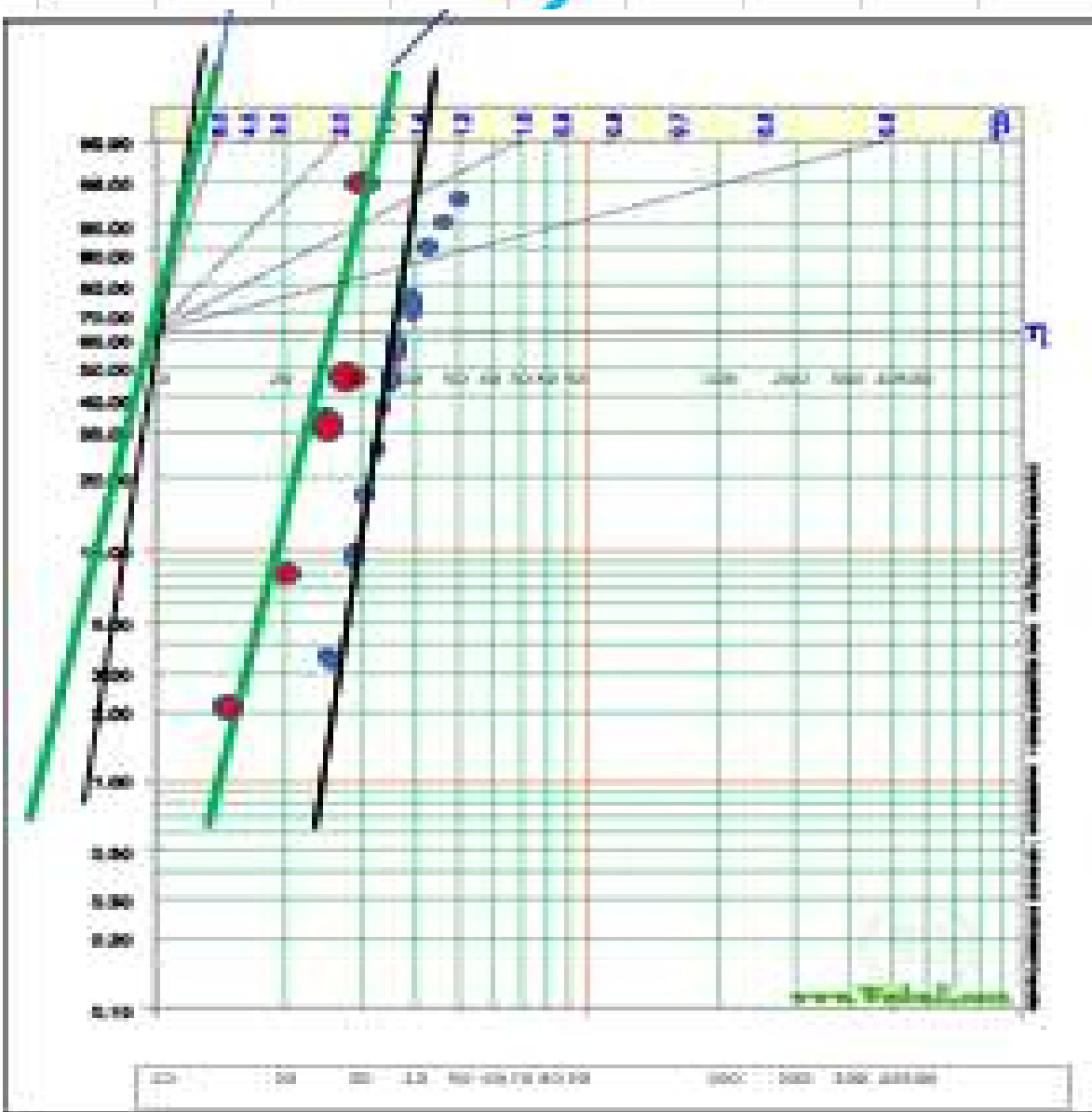


Software Weibull Beta mayor a 3.44 crítico

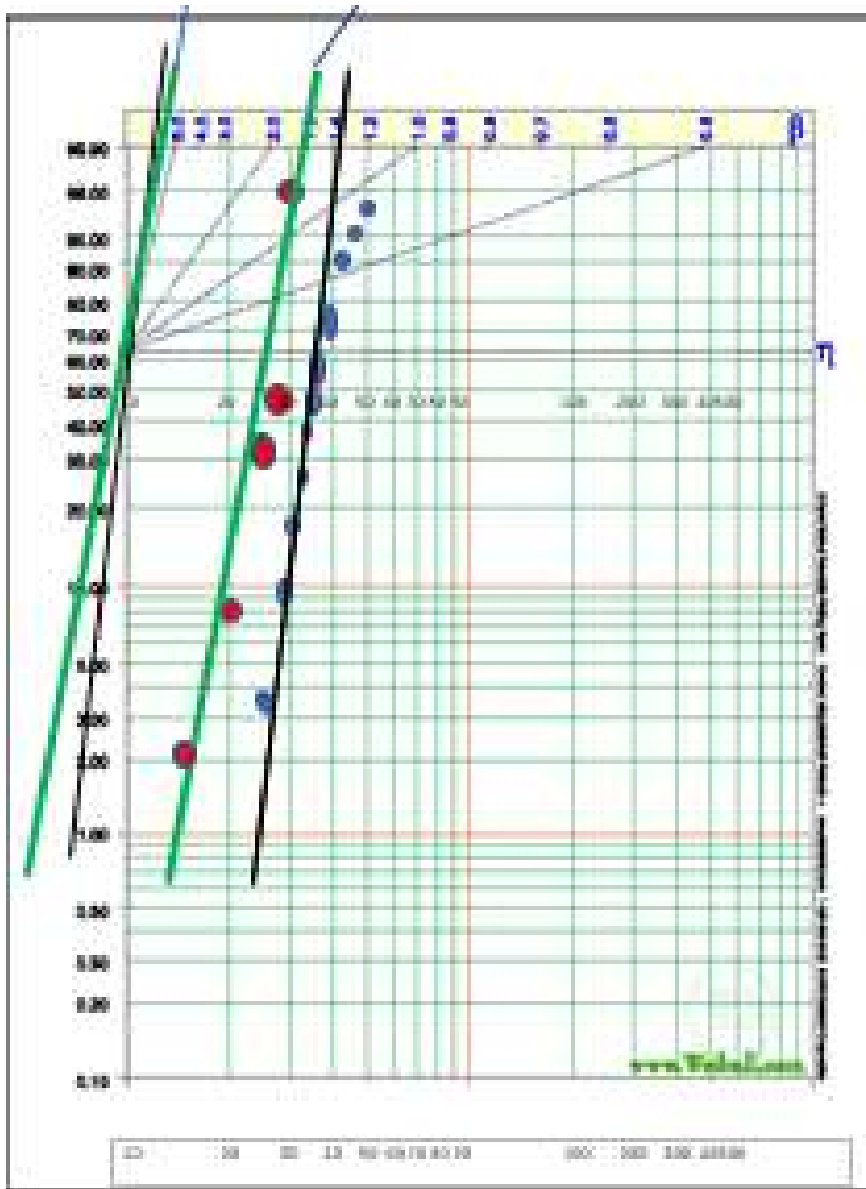


Software Weibull Beta mayor a 1





Curvas de Allen Plait aplicadas a Operación

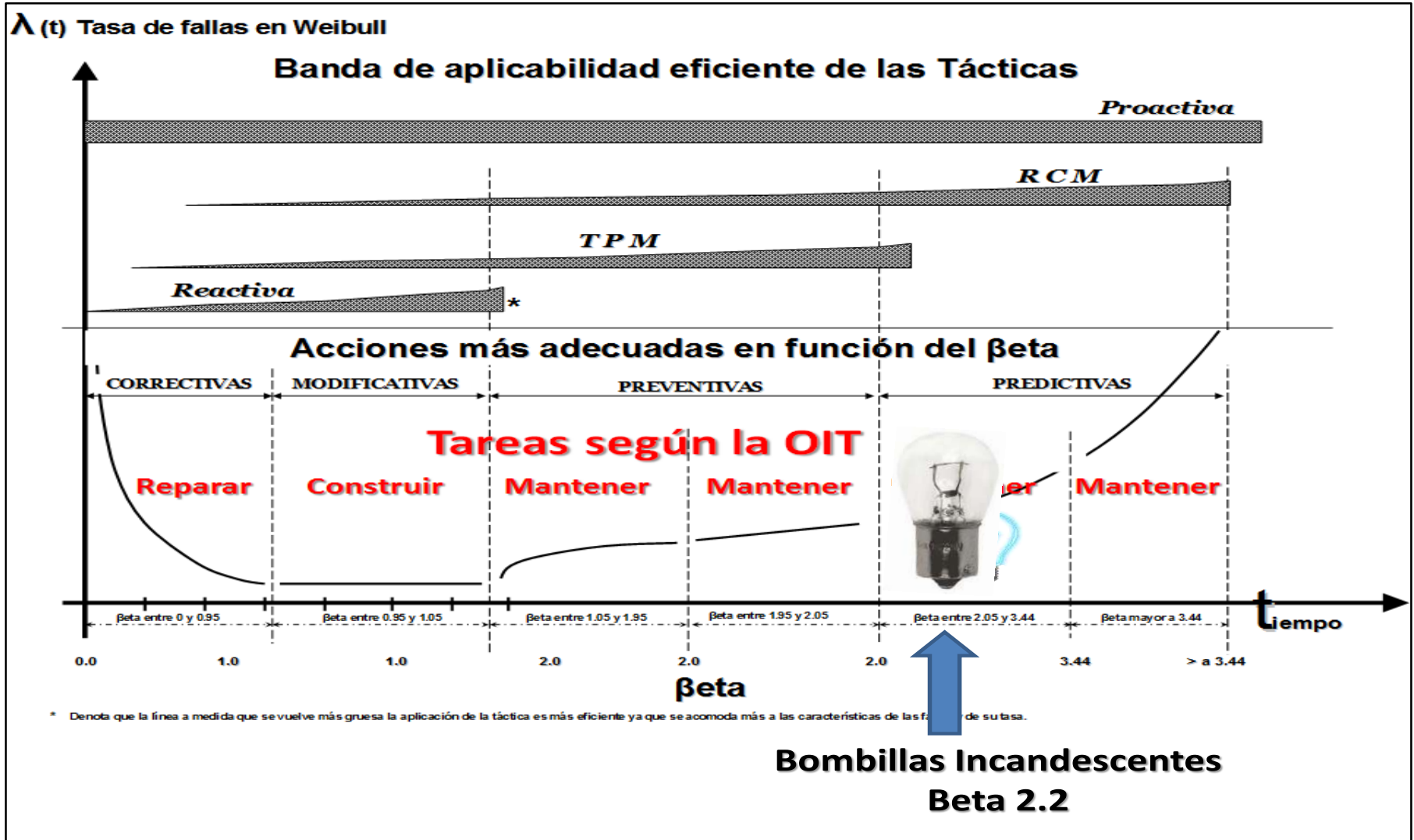


Conclusión final con pruebas y cálculos estadísticos y estocásticos da un β mayor a 1 hacia la derecha, lo que corrobora:

Que las bombillas fallan por envejecimiento y por fatiga de la zona 3 de Weibull

Conclusión

Bombillas Incandescentes con Beta mayor a 2.22



Las bombillas LED, mostraron tener una vida útil más larga que las incandescentes.

**LEDs 1647 horas promedio de vida útil,
en su tiempo de funcionamiento**

**Incandescentes vida promedio de 690
horas**

Gracias cimpro@mail.com

Alberto Mora 57 312 2874586

