

# **Análisis Paramétrico en la Implementación de un dispositivo para alineación de faros, en la empresa DINA Camiones**

<sup>1</sup> Ing. Jesús Felipe Mendoza Tenopala

<sup>2</sup> M. I Alejandro Gutiérrez Muñoz

<sup>3</sup> Ing. Roberto Miranda Fernández

[1] Alumno del Posgrado, [2] Asesor Académico, [3] Asesor de Planta

tenopalam@hotmail.com

## **RESUMEN**

El documento presenta un estudio acerca de las características más importantes para la implementación de un dispositivo para la alineación de faros en la empresa DINA Camiones. La principal característica es la dificultad para la alineación de faros en la línea de producción, esto se presenta por la falta de conocimiento para innovar y carencia de visión para fomentar el desarrollo tecnológico en la empresa y dar cumplimiento al marco regulatorio. La alta dirección manifiesta interés en realizar actividades que mejoren y disminuyan los problemas de los autobuses. El objetivo de este trabajo es presentar una metodología eficaz y eficiente para la alineación de faros que mejore desempeño de los autobuses.

## **PALABRAS CLAVE**

Dispositivo de alineación, alineación de faros, faros.

## **1 INTRODUCCION**

Actualmente DINA incursiona en procesos de manufactura altamente rentables, en búsqueda de la optimización de costos, por ende desarrolla sus propios dispositivos, es por ello que nace la necesidad de crear nuevas tecnologías, una de ellas es promover la mejora continua, implementando procedimientos que aseguren la calidad de nuestros productos y lleguen a nuestros clientes finales sin defectos.

El sistema de iluminación de un vehículo de motor consiste en un grupo de dispositivos lumínicos montados o instalados en la parte frontal, laterales o traseras de un autobús. Su propósito es proveer de iluminación a su conductor para poder hacer funcionar el autobús con seguridad en condiciones de baja visibilidad, aumentando la identificación del vehículo y ofreciendo a los demás usuarios de la vía información sobre la presencia, posición, tamaño o dirección del vehículo y sobre las intenciones del conductor en cuanto a dirección y velocidad.

El marco regulatorio en México NOM-067-SCT-2/SECOFI-1999[1], para validar la alineación de faros en autobuses es muy débil en comparación con las normatividades Europeas ECE-R48 y Norteamericanas FMVSS 2007.

En el análisis paramétrico se demuestra por qué el uso de un regloscopio incrementa la productividad de la línea de producción en la línea de ensamble de autobuses.

## 2 FUNDAMENTOS

La Administración Nacional de Seguridad de Tráfico en Carreteras (NHTSA) a través de la Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE) emite un estándar para reducir el resplandor de un autotransporte que se aproxima, al tiempo que garantiza la suficiente luz que se emite hacia adelante para una conducción segura en la noche (FMVSS, 2007). Este Reglamento define un conjunto de valores de corte (altos límites bajos / de brillo proyectado para faros) en luminancia, intensidad (candelas, CD), y que barre  $\pm 15^\circ$  horizontalmente y  $\pm 5^\circ$  verticalmente sobre una proyección angular de dos dimensiones de superficie. Para luces bajas regulares, la parte más brillante (pico) del faro del lado del conductor debe estar dirigida hacia la parte inferior derecha para reducir el resplandor que el tráfico en sentido contrario sostendrá (ver figura a). Para las luces altas, los faros deben estar dirigida hacia el frente ( $0^\circ V$ ,  $0^\circ H$ ). Los países europeos siguen la Comisión Económica para Europa (ECE) normas que son conceptualmente similares a las normas SAE, pero diseñado para causar deslumbramiento inferior al tráfico en sentido contrario. Las normas ECE para la luz de cruce permiten más luz hacia la parte superior derecha para mejorar la legibilidad de las señales de tráfico (CEPE, 2006).

Aunque estos valores de corte definen máximo o intensidades de luz mínimos para algunos puntos angulares de referencia, es difícil generar un único modelo matemático de una forma del haz "genérico" de los faros ya que la distribución del haz de los faros es una función compleja angular y es diferente de un fabricante a otro. Afortunadamente, un gran estudio de formas de haz de los faros para los de mayor venta de 20 vehículos de pasajeros en los EE.UU. y en Europa está disponible (Schoettle et al., 2001). En la encuesta, el haz luminoso se midieron las intensidades en diversos lugares angulares, cubriendo  $\pm 45^\circ$  horizontalmente y verticalmente  $5^\circ$  a  $7^\circ$  el angular resolución de puntos de medición a lo largo del eje horizontal se espacian de manera desigual ( $0,5^\circ$  entre  $0^\circ$  y  $5^\circ$ ,  $1^\circ$  entre  $5^\circ$  y  $10^\circ$ , y  $5^\circ$  entre  $10^\circ$  y  $45^\circ$ ). Medidas de intensidad de luminancia a lo largo del eje vertical se distribuyeron de manera uniforme con una resolución angular de  $0,5^\circ$ .

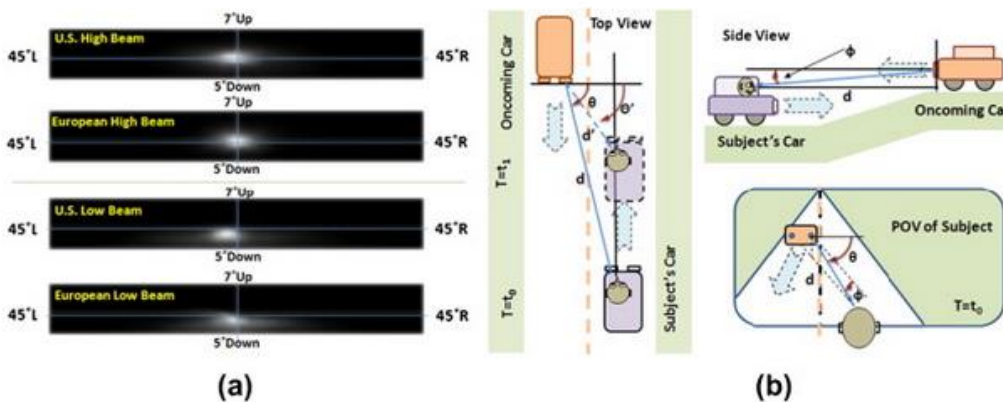


Figura (a) Distribución angular de la luz proyectada (forma del haz promediado) para faros de alta y baja medidos desde la parte frontal, derivados de (Schoettle et al., 2001). (b) Esquema de cálculo del ángulo de proyección del faro.

El mapa angular de intensidad de distribución de luz (ALIDM) por sus sigla en inglés, ofrece una forma sencilla de calcular el nivel requerido de brillo intensidad (de un LED) necesarios para la simulación de resplandor de los faros. El ALIDM asume que la fuente de luz es infinitesimal y proyecta luz desde el centro de un faro, sin importar el tamaño o la forma de los faros real. Dado que el tamaño de la pupila es pequeña (menos de 5 mm con el

deslumbramiento de los faros) en comparación con la distancia entre los ojos del conductor y el faro (por lo general más de 5 m), una vez que sabemos la intensidad luminosa de acuerdo con el ALIDM, la cantidad de luz proyectada ojo a del conductor se puede estimar mediante la localización del punto de proyección sobre el ALIDM y su reducción por la distancia de proyección.

Por ejemplo, si el coche de un conductor y un coche que se aproxima están conduciendo en carriles paralelos uno hacia el otro, como se muestra en la figura b, como la distancia entre los dos coches (d) disminuye, tanto el ángulo horizontal de proyección ( $\theta$ ) y ángulo de proyección vertical ( $\varphi$ ) pueden variar. Tenga en cuenta que la cantidad de luz que llega al conductor es inversamente proporcional a la distancia al cuadrado ( $d^2$ ). Como podemos ver los faros de los coches que se acercan a las coordenadas esféricas polares relativas originarias en el punto de vista del conductor, podemos calcular los ángulos de proyección horizontal y los ángulos de proyección verticales.

Una vez que conocemos los ángulos de proyección, podemos localizar a un nivel de brillo relativo correspondiente de la ALIDM para los faros del mundo modelado. Por último, la cantidad de luz proyectada a los ojos del conductor que se aproxima ( $L_{proj}$ ) se puede calcular con la siguiente ecuación:

$$\theta_{proj} = \frac{\pi}{2} - \theta$$

$$\varphi_{proj} = -1 \cdot \varphi$$

$$L_{proj} = \frac{ALIDM[\theta_{proj} \cdot \varphi_{proj}]}{d^2}$$

Donde d es la distancia euclídea a la posición de los faros;  $\theta$  es el ángulo de rotación horizontal;  $\varphi$  es el ángulo de rotación vertical;  $\theta_{proj}$  es el ángulo de proyección horizontal;  $\varphi_{proj}$  es el ángulo de proyección vertical. [2]

### 3 PROCEDIMIENTO

#### ANÁLISIS PARAMÉTRICO

Se realiza un análisis en la línea de producción de DINA empleando el método convencional, un regloscopio marca Hella, Bosch, Norma NOM 067, faros desalineados promedio por día laboral, por el método convencional y utilizando un regloscopio los datos son estimados en la línea de producción de DINA.

Hoja de trabajo 1 ***								
↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
	MODELO	TIEMPO ALINEACION	CONVENCIONAL	REGLOSCOPIO HELLA	REGLOSCOPIO BOSCH	NOM 067	FAROS DESALINEADOUNIDADES X DIA	FAROS DESALINEADOUNIDADES C REG
1	1	10.5	10.5	8.5	9.5	0.6	3	1
2	2	12.5	12.5	9.3	9.8	0.6	2	1
3	3	15.5	15.5	9.8	10.1	0.6	3	0
4	4	13.4	13.4	8.4	8.9	0.6	4	0
5	5	12.8	12.8	7.5	9.3	0.6	2	0

De los datos anteriores se evalúan en el programa MINITAB para hacer un análisis paramétrico y se compara el tiempo de alineación entre un ajuste convencional mediante una reflexión en una madera del haz de luz de los faros y el empleo de un regloscopio. Se emplea una distribución log normal con un nivel de confianza del 95%.

## Análisis de distribución: CONVENCIONAL

Variable: CONVENCIONAL

Información de censura   Conteo  
 Valor no censurado        5

Método de cálculo: Cuadrados mínimos(tiempo de falla(X) en el rango(Y))

Distribución: Lognormal

Cálculos del parámetro

Parámetro	Estimado	Error estándar	IC normal de 95.0%	
			Inferior	Superior
Ubicación	2.55253	0.0702490	2.41484	2.69021
Escala	0.157082	0.0737105	0.0626181	0.394050

Log-verosimilitud = -9.693

Anderson-Darling (ajustado) = 2.400

Coefficiente de correlación = 0.973

Características de distribución

	Estimado	Error estándar	IC normal de 95.0%	
			Inferior	Superior
Media (MTTF)	12.9989	0.925482	11.3059	14.9455
Desviación estándar	2.05455	1.01019	0.783779	5.38568
Mediana	12.8395	0.901965	11.1880	14.7348
Primer cuartil (Q1)	11.5488	0.993913	9.75617	13.6707
Tercer cuartil (Q3)	14.2746	1.22850	12.0589	16.8974
Rango intercuartil (IQR)	2.72579	1.29806	1.07186	6.93180

Porcentaje	Percentil	Error estándar	IC normal de 95.0%	
			Inferior	Superior
1	8.90936	1.65097	6.19601	12.8109
2	9.29915	1.55192	6.70483	12.8973
3	9.55525	1.48505	7.04614	12.9579
4	9.75254	1.43290	7.31230	13.0071
5	9.91603	1.38947	7.53466	13.0500
6	10.0573	1.35191	7.72795	13.0889
7	10.1829	1.31861	7.90036	13.1249
8	10.2966	1.28858	8.05697	13.1589
9	10.4012	1.26116	8.20114	13.1914
10	10.4984	1.23588	8.33523	13.2229
20	11.2495	1.05430	9.36180	13.5179
30	11.8243	0.948086	10.1047	13.8365
40	12.3386	0.896878	10.7002	14.2278
50	12.8395	0.901965	11.1880	14.7348
60	13.3608	0.971180	11.5867	15.4065
70	13.9420	1.11788	11.9144	16.3145
80	14.6543	1.37340	12.1952	17.6092
90	15.7028	1.84855	12.4673	19.7779
91	15.8495	1.92177	12.4970	20.1013
92	16.0104	2.00363	12.5279	20.4610
93	16.1893	2.09639	12.5604	20.8666
94	16.3914	2.20333	12.5950	21.3321
95	16.6250	2.32956	12.6324	21.8794
96	16.9036	2.48359	12.6741	22.5447

## ! Análisis de distribución: REGLOMETRO

Variable: REGLOMETRO

Información de censura   Conteo  
Valor no censurado        5

Método de cálculo: Cuadrados mínimos(tiempo de falla(X) en el rango(Y))

Distribución:   Lognormal

Cálculos del parámetro

Parámetro	Estimado	Error estándar	IC normal de 95.0%	
			Inferior	Superior
Ubicación	2.15912	0.0521169	2.05697	2.26127
Escala	0.116537	0.0558635	0.0455438	0.298194

Log-verosimilitud = -6.201

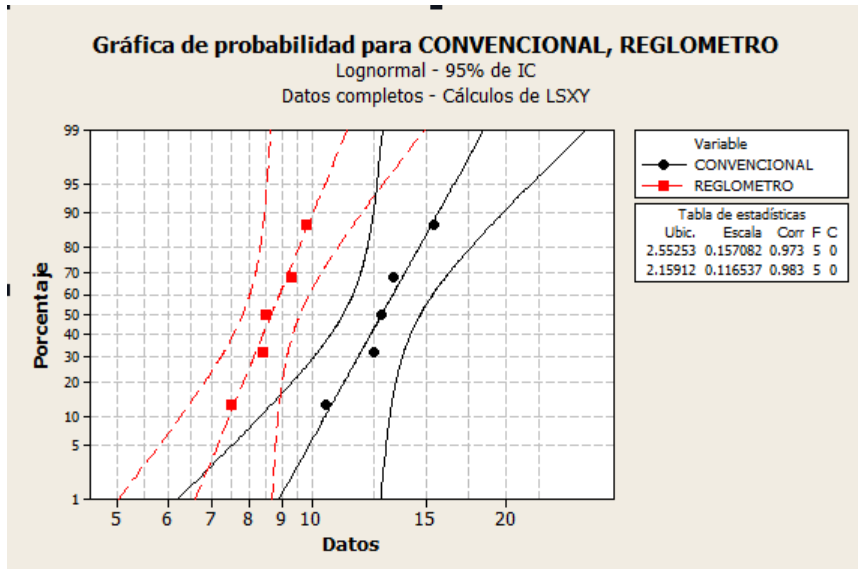
Bondad de ajuste  
Anderson-Darling (ajustado) = 2.360  
Coeficiente de correlación = 0.983

Características de distribución

	Estimado	Error estándar	IC normal de 95.0%	
			Inferior	Superior
Media (MTTF)	8.72254	0.458125	7.86930	9.66829
Desviación estándar	1.01996	0.501722	0.388932	2.67481
Mediana	8.66351	0.451515	7.82225	9.59524
Primer cuartil (Q1)	8.00860	0.515042	7.06017	9.08445
Tercer cuartil (Q3)	9.37196	0.602721	8.26207	10.6310
Rango intercuartil (IQR)	1.36336	0.658732	0.528854	3.51467

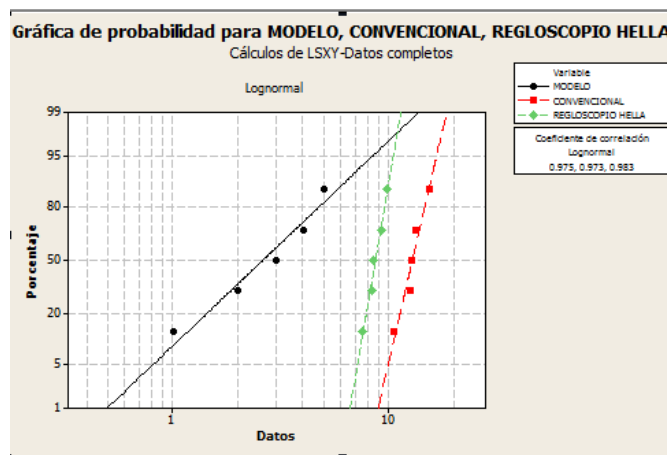
Tabla de percentiles

Porcentaje	Percentil	Error estándar	IC normal de 95.0%	
			Inferior	Superior
1	6.60624	0.924997	5.02076	8.69237
2	6.81947	0.859336	5.32708	8.72996
3	6.95832	0.816095	5.52933	8.75661
4	7.06462	0.782897	5.68538	8.77847
5	7.15229	0.755556	5.81468	8.79761
6	7.22777	0.732113	5.92632	8.81503
7	7.29461	0.711477	6.02532	8.83128
8	7.35497	0.692978	6.11479	8.84668
9	7.41031	0.676171	6.19678	8.86148
10	7.46161	0.660746	6.27273	8.87583
20	7.85413	0.551283	6.84466	9.01248
30	8.14991	0.487251	7.24875	9.16311
40	8.41146	0.454256	7.56664	9.35061
50	8.66351	0.451515	7.82225	9.59524
60	8.92310	0.481887	8.02689	9.91938
70	9.20946	0.550597	8.19114	10.3544
80	9.55629	0.670758	8.32805	10.9657
90	10.0590	0.890752	8.45626	11.9655
91	10.1286	0.924212	8.46996	12.1121
92	10.2048	0.961489	8.48412	12.2746
93	10.2893	1.00356	8.49892	12.4568
94	10.3844	1.05186	8.51458	12.6649
95	10.4940	1.10857	8.53144	12.9081
96	10.6243	1.17737	8.55005	13.2016
97	10.7866	1.26509	8.57139	13.5742
98	11.0062	1.38691	8.59756	14.0896
99	11.3614	1.59081	8.63474	14.9492



#### 4 RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS

De la anterior grafica podemos deducir de acuerdo a la interpretación de los valores que el programa emitió, que de la línea de tendencia (Anderson-Darling, ajustado) no existe una relevancia significativa ya que la distancia es para el uso del método convencional 2.4 y con el uso del regloscopio es 2.3, de la tabla de percentiles podemos inferir que para el uso convencional el tiempo promedio de ajuste de un faro con el método convencional es de 8.9 minutos en un unidad y para el uso del regloscopio es de 6.6 minutos en una unidad, ahora si en un día de trabajo producimos 8 unidades el tiempo estimado de para alinear los faros mediante el método convencional sería de 10.29 minutos y con el regloscopio es de 7.35 minutos, es decir, un ahorro de 3 minutos, que se verían reflejados en una línea de producción.



Para la siguiente grafica comparamos el modelo contra los métodos de alineación convencional, y con regloscopio aparentemente no existe una relación significativa con el modelo de unidad, pero la correlación es significativa con más 97% lo que asume que el modelo si tiene relevancia para alinear los faros dependiendo el método que utilices.

## **5. CONCLUSIONES**

Con el presente desarrollo se demuestra que el uso de un dispositivo para alineación de faros- regloscopio tiene un efecto significativo para mejorar la productividad de la línea de producción, mediante este análisis paramétrico se demuestra que la alta dirección puede tomar la decisión de emplear este equipo con la certidumbre que la inversión la recuperar en poco tiempo y se verá disminuido el reclamo de los clientes por faros mal alineados entre un método convencional y con un dispositivo alineador.

## **6. BIBLIOGRAFIA**

[1] Norma Oficial Mexicana NOM-067-sct-2/secofi-1999, Transporte terrestre-servicio de autotransporte económico y mixto-midibús-características y especificaciones técnicas y de seguridad, [www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGAF/.../NOM-067.pdf](http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGAF/.../NOM-067.pdf)

[2] Development of a headlight glare simulator for a driving simulator. Original Research Article, Transportation Research Part C: Emerging Technologies, Volume 32, July 2013, Pages 129-143, Alex D. Hwang, Eli Pel