



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
MECÁNICA ELÉCTRICA**

“Diseño de una cabina de secado de pintura con energía solar para mejorar el servicio automotriz, Carmas SAC Chiclayo, 2019”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Mecánico Electricista**

**AUTOR:**

Patazca Sánchez, Segundo Francisco (ORCID: 0000-0002-2193-4676)

**ASESOR:**

Msc. James Skinner, Celada Padilla (ORCID: 0000-0002-5901-2669)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Modelamiento y simulación de sistemas electromecánicos

**CHICLAYO – PERÚ**

**2020**

## **Dedicatoria**

En primer lugar, agradezco a Dios por darme la vida por haberme dado la oportunidad de ver cumplir las cosas que uno se propone en esta vida. Dedico esta tesis a mis padres por el sacrificio que hicieron que siempre se preocuparon por mí que dieron lo mejor de sí. Gracias por la educación, consejos y apoyo que me dieron, a los amigos, profesores. Ya que sin su ayuda no se podría avanzar. A todos los que me apoyaron y de alguna forma daban fuerzas para seguir para todos ellos va esta dedicatoria

**Segundo Francisco Patazca Sánchez**

## **Agradecimiento**

En primer lugar, agradezco a Dios por haberme dado la oportunidad y bendición de poder alcanzar los objetivos trazados a la universidad cesar vallejo la escuela de ingeniería mecánica eléctrica a sus docentes por apoyarme y guiarme en el ámbito académico ya que sin ellos no podría realizar este proyecto a la familia y amigos que estuvieron ahí dando siempre las fuerzas.

**Segundo Francisco Patazca Sánchez**

## Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen .....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MÉTODO .....	21
2.2 Variables, operacionalización:.....	21
2.3. Población y Muestra.....	23
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	23
2.5 Métodos de análisis de datos: .....	24
2.6 Aspectos éticos: .....	24
III. RESULTADOS.....	25
IV. DISCUSIÓN.....	60
V. CONCLUSIONES .....	61
VI. RECOMENDACIONES.....	62
REFERENCIAS .....	63
ANEXOS.....	64

## Índice de tablas

Tabla 1. Tiempo de secado de los vehículos .....	3
Tabla 2. Consumo del Gas licuado del petróleo .....	4
Tabla 3. Variables .....	22
Tabla 4. Instrumentos de recolección de datos. ....	23
Tabla 5. Dimensiones de piezas automotrices .....	26
Tabla 6. Número de vehículos pintados. ....	27
Tabla 7. Tiempo Promedio del Servicio de Pintado (Horas) de cada unidad vehicular .....	28
Tabla 8. Tiempo de Secado de la Pintura (Horas).....	29
Tabla 9. Valores Promedios Temperatura y Radiación Solar en la Empresa CARMAS SAC .....	32
Tabla 10. Variación de temperatura en °C, entre las 09.00 y 17.00 horas.....	31
Tabla 11. Procedimiento del Análisis de Weibull. ....	32
Tabla 12. Procedimiento del Análisis de Weibull. ....	34
Tabla 13. Cálculo de cantidades por estructuras.....	55
Tabla 14. Flujo caja por meses .....	56
Tabla 15. Valores anunciados del VNA, del Software Microsoft Excel: .....	57
Tabla 16. Cálculo del TIR.....	58

## Índice de figuras

Figura 1. Secador de los radiadores del sol. ....	10
Figura 2. N° de Servicios Atendidos de Unidades Vehiculares para Pintado...	27
Figura 3. Tiempo Promedio del Servicio de Pintado de cada unidad vehicular	28
Figura 4. Tendencia de la variación Promedio de Temperatura .....	30
Figura 5. Valoración de temperatura en °C, entre las 09:00 y 17:00 horas .....	31
Figura 6. Muestra del calor perdido por las paredes de la cabina .....	43

## Resumen

La presente tesis denominada: “DISEÑO DE UNA CABINA DE SECADO DE PINTURA CON ENERGIA SOLAR PARA MEJORAR EL SERVICIO AUTOMOTRIZ, CARMAS SAC CHICLAYO, 2019”, está enmarcado en el uso eficiente de la energía, y para el caso específico del proceso de secado de pintura, se adapta muy eficientemente, debido a la forma de transferir el calor de manera gradual, que es el ritmo de secado de la pintura en los elementos automotrices, y no utiliza energía eléctrica, que finalmente incrementa los costos de producción de la empresa.

En principio se hizo un análisis de la situación actual en cuanto a la forma de secado que se viene realizando actualmente, encontrándose que el número de horas de secado es el principal inconveniente en la continuidad del proceso de planchado y pintura, los tiempos promedio de cada servicio varía en función al mes, notándose que a medida que se acerca a los meses de verano (Diciembre – Marzo), los tiempos disminuyen, debido al incremento de la temperatura exterior que oscila entre los 28 a 34°C.

Luego se hizo las mediciones de los niveles de radiación solar, para lo cual se hizo las mediciones mediante un protocolo previamente determinado, y mediante el análisis estadístico probabilístico de Weibull, se determinó que la mayor probabilidad de ocurrencia de radiación solar es de 5.42 Watt-h/m<sup>2</sup>.

Se hizo el análisis de la cantidad de calor que se requiere para el pintado, el cual fue de 711.98 Watt, y se determinó el análisis térmico en el colector solar de placa plana, el cual tiene un coeficiente global de transferencia de calor de 7,7557 W / m<sup>2</sup>.K. Finalmente se hizo el análisis económico, con un valor de VAN de S/. 3544.7 y un valor de TIR de 13.06%, indicadores que hacen factible la ejecución del proyecto.

**Palabras claves:** Colector solar, secado de pintura, radiación solar.

## Abstract

The present thesis denominated: "DESIGN OF A CABIN OF DRYING OF PAINTING WITH SOLAR ENERGY TO IMPROVE THE AUTOMOTIVE SERVICE, CARMAS SAC CHICLAYO, 2018", is framed in the efficient use of the energy, and for the specific case of the drying process of painting, it adapts very efficiently, due to the way of gradually transferring heat, which is the drying rate of the paint in the automotive elements, and it does not use electrical energy, which finally increases the production costs of the company.

In principle, an analysis was made of the current situation regarding the form of drying that is currently being done, finding that the number of drying hours is the main drawback in the continuity of the ironing and painting process, the average times of each service varies according to the month, noting that as it approaches the summer months (December - March), the times decrease, due to the increase in the outdoor temperature that ranges between 28 to 34 ° C.

Then the measurements of the solar radiation levels were made, for which the measurements were made by means of a previously determined protocol, and by means of the statistical probabilistic Weibull analysis, it was determined that the highest probability of occurrence of solar radiation is 5.42 Watt- h / m<sup>2</sup>.

The analysis of the amount of heat required for painting was made, which was 711.98 Watt, and the thermal analysis was determined in the flat plate solar collector, which has a global heat transfer coefficient of 7, 7557 W / m<sup>2</sup>.K. Finally, the economic analysis was done, with a NPV value of S /. 3544.7 and a TIR value of 13.06%, indicators that make the execution of the project feasible.

**Keywords:** Solar collector, paint drying, solar radiatio

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Realidad problemática.**

#### **1.1.1 A nivel internacional.**

“En Colombia, las condiciones climáticas afectan los procesos de pintado, lo cual se evidencia en la productividad, defectos en calidad y dificultades en los procesos” (Cesvi, 2016).

Si bien es cierto es posible lograr un secado o curado de la pintura al medio ambiente, no es la técnica más adecuada para la productividad de un taller de reparación. En la zona de pintado, es primordial disponer del tiempo en su composición del proceso, primordialmente en el tiempo muerto del proceso, para el secado de las partes repintadas. (García, 2016).

En Ecuador, los talleres de pintado de pintura, realizan el secado a la intemperie, es decir el secado de la pintura, se realiza a temperaturas del ambiente; en Quito, oscila entre los 5 y 15 °c, y a dicha temperatura el secado de la pintura uretano, toma entre 12 y 15 horas para el secado, lo cual el tiempo del servicio de ensamblaje de las piezas automotrices son en promedio de tres a cuatro días; en otras ciudades donde la temperatura es inferior a 10°C, los tiempos de secado se incrementan más aún; siendo los talleres implementados con hornos para el secado, solo en los centros autorizados o concesionarios automotrices. (García, 2016).

A pesar de la semejanza de los productos usados en reparación y fabricación, en el mayor de los casos el procedimiento del pintado original es totalmente distinto. Por un lado, se obra totalmente con la carrocería desnuda, facilitando llegar a diferentes zonas; por otro, al ser totalmente desmontados los accesorios, se aplica mayor temperatura para conseguir un secado más rápido y eficaz.

“El esmalte se seca mediante radiaciones ultravioletas, tampoco se intensifica este color en la plaza colombiana. El inicio está basado mediante las reacciones y

polimerizaciones entre los materiales, es provocado mediante las exposiciones y radiaciones ultravioletas, es importante acelerar significativamente el tiempo del secado” (Cesvi, 2016).

### **1.1.2 Problemática nacional.**

“El pintado de los vehículos en diferentes zonas del Perú, son procesos que muchas veces se realizan sin las normas técnicas y tampoco sin las normas de seguridad, lo que conlleva a tener un acabado superficial de poca calidad” (Loctite, 2018).

“ Los talleres de pintura automotriz deben seguir una normativa específica de seguridad, tanto en lo relativo con sus trabajadores y respeto y cuidado del medio ambiente” (Loctite, 2018).

Los servicios de pintado del vehículo, o de las piezas del vehículo, están en función a la forma cómo ésta se realiza; en los talleres informales los costos para pintado total del vehículo tiene un costo entre 2000 y 3000 Soles, sin embargo en los talleres formales en donde existe tecnología para el pintado, así como también para el secado de la pintura, que permite tener mayor adherencia con la carrocería del vehículo, los costos son superior a los cinco mil soles, dependiendo del tamaño del vehículo, de la antigüedad, del tipo de pintura a utilizar y del acabado superficial.

La razón es que los costos operativos se incrementan además por los consumos de energía en el transcurso del pintado de los autos.

la energía se gasta. En relación al tiempo que tarda en secar la pintura en el interior del horno, en un estudio realizado en la empresa concesionaria Interamericana en la ciudad de Piura, se tiene que el proceso de secado varía en función al modelo del vehículo.

La tabla muestra el tiempo de secado en minutos.

Tabla 1. Tiempo de secado de los vehículos

Vehículo	Tiempo de secado (Minutos)
1 Suzuki Swift	35
2 Kia Sportage	42
3 Kia Picanto	36
4 Volkswagen Caddy	38
5 Hyundai Santa Fe	46
6 Mitsubishi Outlander	45
7 Ford Escape	52
8 Nissan Frontier	36
9 Chevrolet Aveo	37
10 Chevrolet Captiva	45
11 Toyota Prado	48
12 Ford Expedition	53
13 Ford Ecosport	39
14 Kia soul	41
15 Hyundai Grand i10	35
16 Hyundai Eón	33
17 Volkswagen Amarok	45
18 Dodge	53
19 Ram	46
20 Fiat Fiorino	43

Fuente: Interamericana, 2017

### 1.1.3 Problemática local

El pintado de los vehículos en diferentes zonas del Perú, son procesos que muchas veces se realizan sin las normas técnicas y tampoco sin las normas de seguridad, lo que conlleva a tener un acabado superficial de poca calidad” (Loctite, 2018).

En las concesionarias, se utiliza energía eléctrica para el accionamiento del horno, pero también el GLP, en un reporte de la empresa concesionaria, se tiene que, para un promedio de 50 vehículos pintados por mes, se requieren más de 460 Kg de GLP, con costos superiores a los 1200 Soles; costo que incrementa los costos del servicio de pintado al horno, siendo una de las razones por lo cual los usuarios de los vehículos optan por realizar el pintado de sus unidades en talleres informales.

Tabla 2. Consumo del Gas licuado del petróleo

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
N° Unidades pintadas	48	56	42	45	58	43	68	43	45	36	57	61	50.6
Uso de GLP (Kg)	427	518	423	405	533	427	607	425	415	346	514	588	469.7

Fuente: Interamericana S.A

### 1.2 trabajos previos.

Aslla (2015) afirma: En su tesis titulada “Diseño de una cámara de secado de pintura de automóvil para talleres de la ciudad de el alto”. Presentado a la universidad mayor de los andes.

La investigación está basada sobre diseñar e implementar el ambiente adecuado para la realización de reparación, utilización del esmalte automotriz. La cual implicara más de un factor del área despejada de contaminación: aeración, radiaciones, alumbrado adecuado, cumpliendo con los requerimientos establecidos

por el fabricante de pinturas. Este proyecto, se decretaron los parámetros necesarios para la Cabina, teniendo en cuenta el modelo de automóvil. Y el tipo del esmalte que existe, eligieron la calidad del esmalte a usar. Según esta variable seleccionaremos el esmalte y auto para ser utilizado. Se tomará en cuenta el siguiente factor: dimensión de la cabina, calidad de material a emplear, material aislante de calor, aireación, rapidez del viento, claridad, aire acondicionado.

Pinto (2011) afirma en la tesis: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CABINA DE PINTURA AUTOMOTRIZ QUE FUNCIONE CON ENERGÍA SOLAR”**, presentado a la Escuela Politécnico del Ejército del Ecuador, en su resumen muestra:

El presente proyecto consiste en el diseño y construcción del habitáculo de pintado y trabajo utilizando al calor del sol. Este panel solar será el pilar fundamental en esta investigación, remarcando más de una etapa el proceso del desarrollo. El diseño y fabricación del habitáculo, en el segundo proceso la energía es producida por las altas temperaturas del horno. El proyecto consta del capítulo uno hasta el capítulo siete: inicia en la fase normativa, terminando en la conclusión. Empezaremos a detallar:

Título N°01: Recopilación de la investigación sobre temas en pintado, secado, enfriamiento, propagación del sol. Ayudaran en entender el resultado obtenido en el proceso de investigación.

Título N° 02: Investigación térmica, neumática del habitáculo, consta en dimensionar comprende dimensiones, perdida del calor.

Título N° 03: Diseño mecánico consiste en la carga el peso y plano.

Título N° 04: Diseño eléctrico, consta de la componente para el proceso fotovoltaica.

Título N° 05: Consiste en la construcción e investigación económica. La factibilidad del proyecto y restauración de la inversión.

Título N° 06: Prueba de operatividad

Título N° 07: Conclusión y recomendación de la tesis.

Bustamante (2018) en su tesis denominado: "Diseño de un quemador de horno usando celdas peltier para disminuir costos operativos en interamericana norte sac", presentado a la Universidad César Vallejo, presenta las siguientes conclusiones:

Se describe los procesos del secado de pintura en la carrocería del auto, la fase del pintado, los espesores de pintado, acuerdo a las especificaciones del creador, importante el grado ideal del secado 70 °c.

Se realizó el análisis de humedad actual determinando su grosor del esmalte con rangos de 37 y 49  $\mu\text{m}$ .

Una medida de gasto del gas licuado del petróleo 9.5 litros por cada automóvil, en intervalos de tiempo sugerido por el fabricante entre 30 y 35 minutos para livianos, 35 y 40 minutos para el hatchback, 42 y 48 min, la camioneta SUV, 45 hasta 53 min.

Con referencia a su calidad del pintado, lo realiza un profesional especialista en matizado computarizado requerido.

Realizado su diagnóstico del procesó del secado, con ello se inició el dimensionamiento del habitáculo con 56 m<sup>3</sup> de volumen y una radiación de 3724.12Kj.

En un auto ligero con dimensión de 5.28 m<sup>2</sup> de área; la calidez específica de la pintura uretano utilizado para autos será como referencia 0.42 °K, (1.75Kj/Kg °K) con una densidad de pintura de 1151 Kg/m<sup>3</sup>

Seleccionaron un dispositivo generador de calor (celdas peltier), que uniformiza la circulación del viento internamente en la cabina, la celda Peltier, ubicada en la pared superior del habitáculo. Fue determinado por la cantidad numérica de celdas, son necesarias 118, con 10 Watt de capacidad para cada una, durante el tiempo

de 53 min

Con una inversión de: S/. 5526, un VAN de 11543.66, y un TIR de 28.7%, relación beneficio costo de 2.27, son indica una viable de desarrollo de la tesis.

### **1.3 Teorías Relacionadas al Tema.**

#### **1.3.1 procesos del secado pintura al horno**

##### **Definición:**

Un horno solar es un deflector parabólico construido, preciadamente dirige la luminosidad del sol, una pequeña superficie permite aumentar la temperatura en su interior.

- la temperatura que se obtiene del horno solar está determinada bajo la segunda ley de la termodinámica. la temperatura de la radiación solar, será de 7000°C, considerando la propiedad óptica del sistema. esto limita la temperatura extrema disponible. los estudios experimentales hasta los 3500 °C se han obtenido una temperatura superior a 5000 °C. La muestra puede calentarse en atmósfera controlada y en ausencia del campo eléctrico.

#### **1.3.2 secador solar**

El deshidratador solar es un dispositivo que utiliza los rayos del sol, permite su transferencia de una sustancia líquida que precede de un sólido húmedo, a un proceso gaseoso no saturado, el material húmedo es expuesto a la circulación del viento caliente. El aire seco permitirá el secado rápido.

#### **1.3.3 Ejemplos de secado solar**

El deshidratador solar dependerá del aire que tiene contacto con el producto a secar, su forma en que los rayos del sol calientan el aire.

##### **1.3.3.1 ejemplos de circulación**

La finalidad del componente de secado permite eliminar el agua del producto mediante la recirculación del aire

La recirculación se obtiene bajo dos criterios, circulaciones forzadas, convecciones naturales.

□ **Circulación forzada:**

En este proceso el viento es desplazado mediante el ventilador que gasta energía eléctrica. Este modelo diseñado permite facilitar circulaciones en los mecanismos de grandes dimensiones.

También facilita controlar el secado.

Con estas circulaciones se obtiene una velocidad del aire de 0.5 y 1.0m/s. su pérdida negativa de la circulación forzada es disponer de un mecanismo auxiliar eléctrico para el ventilador, se solventará usando un módulo solar que le suministre aire cuando requiera.

□ **Circulación por convección natural:**

El viento es desplazado mediante su diferencia de que le promueve las convecciones térmicas

Esta forma de recirculación se produce utilizando mecanismos de gran tamaño.

Para un equipo pequeño se puede lograr velocidad de 0.4 a 1.0m/s internamente de la cabina

En mecanismos grandes la velocidad requerida es de 0.1 a 0.3m/s.

### **1.3.3.2 Formas del calentamiento solar**

□ **Secado solar directo al aire libre**

Las radiaciones solares inciden en forma directa al artículo a secar, adquieren el calor necesario para su evaporización. Después el humedecimiento formado en el artículo se recupera mediante el aire de la parte externa. La humedad es retirada por una máquina especial mejorando el secado del producto.

□ **Secado solar indirecto**

Es te proceso se produce por las radiaciones solares mediante colectores donde permite la circulación de una parte del aire (es realizado por el efecto invernadero: entra calor, y se almacena) el aire caliente entra a la cámara de secado, encontrándose con el material para ser secado.

El oxígeno tibio circula alrededor del material extrayendo la parte humada y lo elimina.

Procedimiento selector – cámara se podrá diseñar de muchas formas bajo distintos mecanismos de secado solar.

#### **1.3.3.3. COMPONENTES:**

- Cubierta transparente que permita el paso de luz solar, limita la pérdida de calor que puede ser de vidrio o polímero.
  
- Superficie absorbente de color opaco, que recolecta la luminosidad del sol, y lo transforma en calor, después lo libera en forma de aire
  
- Capa de fibra de vidrio de aislamiento
  
- Ingreso y una salida del viento, el aire húmedo es reemplazado por aire fresco

#### **1.3.3.4 CLASES DE SECADORES:**

- Secador donde las radiaciones del sol son utilizadas de forma directa  
Y la absorción del calor lo realiza el mismo producto  
Secador solar



Figura 1. Secador de los radiadores del sol.

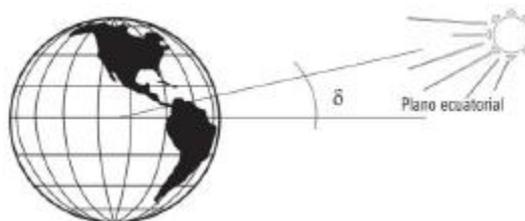
**Fuente:** [www.alternative-technology.de](http://www.alternative-technology.de)

- Secador donde la radiación del sol es utilizada de forma indirecta.  
En este secador, el aire seco es calentado en espacios distintos para el coproducto  
El material no tiene contacto directo con la luz del sol.

### 1.3.3.5 FÓRMULAS PARA LOS CÁLCULOS DE HORNO CON ENERGÍA SOLAR

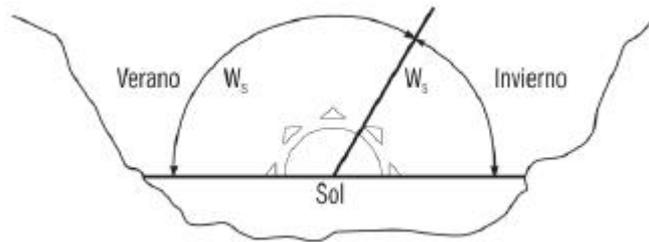
$\delta$ : Declinación del Sol (grados).

$$\delta = 23.45 \sin 360 \frac{284 + n}{365}$$



$\omega_s$ : Ángulo de la salida del Sol (grados)

$$\omega_s = \arccos(-\tan \phi \tan \delta)$$



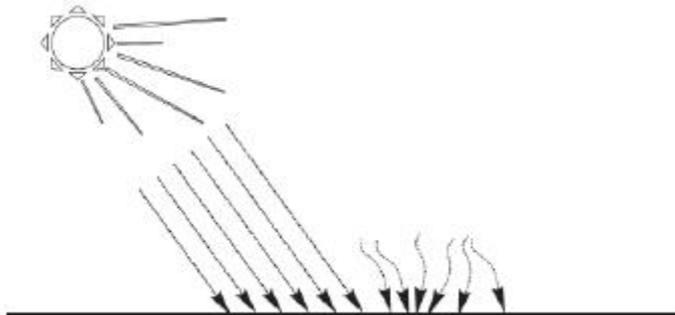
$H'_0$  : Radiación diaria sobre la superficie horizontal [kWh/m<sup>2</sup>]

$$H'_0 = \left( \frac{24}{\pi} \right) I_{sc} \left\{ \left[ 1 + 0,33 \cos \left( \frac{360n}{365} \right) \right] \left[ \cos \phi \cos \delta \sin \omega_s + \left( \frac{2\pi}{360} \right) \sin \phi \sin \delta \right] \right\}$$



$H'$  : Radiaciones absolutas diarias sobre las superficies horizontales [W/m<sup>2</sup>]

$$H' = K_t \times H'_0$$



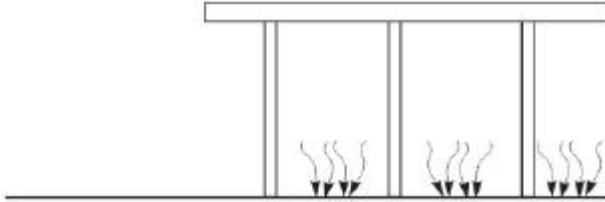
$H$  : Radiaciones absolutas horarias. Que caen sobre las superficies horizontales [W/m<sup>2</sup>]

$$H = K H'$$

$H'_d$  : Radiaciones extensas diarias. Que cae sobre las superficies horizontales [W/m<sup>2</sup>]

$$H'_d = f(K_t) H'$$

$$f(K_t) = 1,3903 - 4,0273 K_t + 5,5315 K_t^2 - 3,1080 K_t^3$$

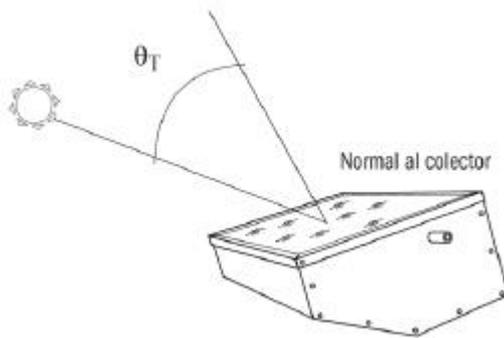


$H_d$  : Radiaciones extensas horarias sobre unas superficies horizontales [W/m<sup>2</sup>]

$$H_d = K_d H'_d$$

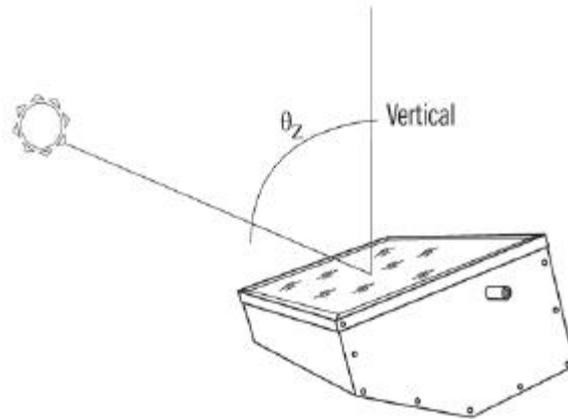
$\theta_T$ : Ángulos de Incidencias radiaciones directas [grados]

$$\cos \theta_T = \cos(\varnothing - \beta) \cos \delta \cos \omega + \sin(\varnothing + \beta) \sin \delta$$



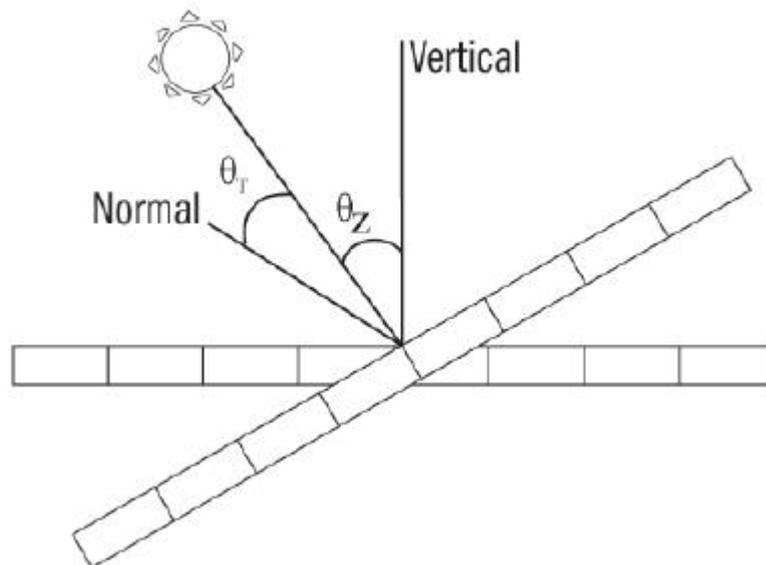
$\theta_z$ : Ángulos de cenit radiaciones directas [grados]

$$\cos \theta_z = \cos \varnothing \cos \delta \cos \omega + \sin \varnothing \sin \delta$$



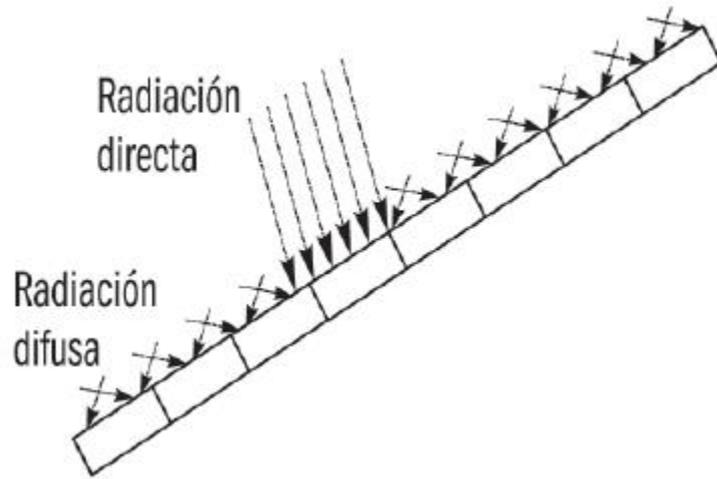
$R_b$ : Relaciones de las radiaciones directas sobre los planos inclinados y sobre los planos horizontales.

$$R_b = \cos \theta_r / \cos \theta_z$$



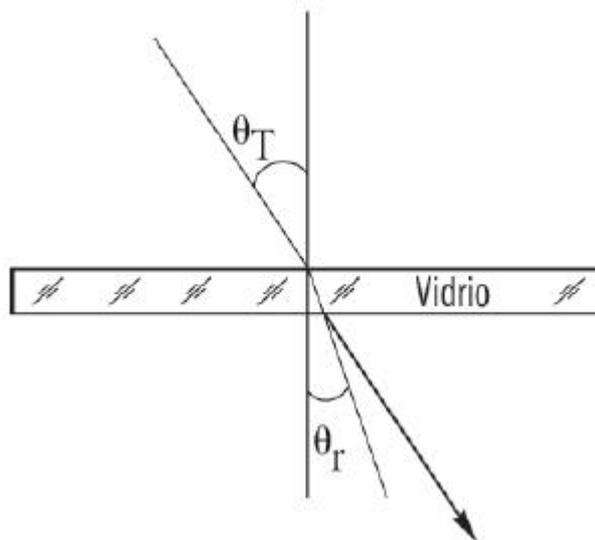
$H_T$  : Radiación absoluta horaria que llega a la superficie del colector [ $W/m^2$ ]

$$H_T = (H - H_d)R_b + \left[ \frac{H_d(1 + \cos \beta)}{1 + \overline{H(1 - \cos \beta) \rho_t}} \right]$$



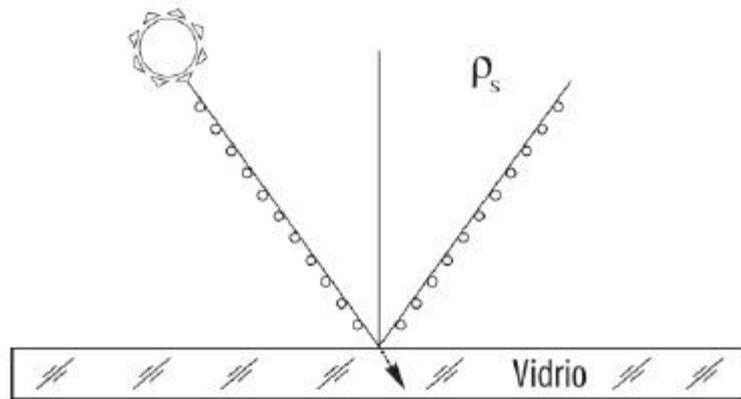
$\theta_r$ : Ángulo de refracción [grados]

$$\theta_r = \sin^{-1} (\text{sen } \theta_i / n_{21})$$



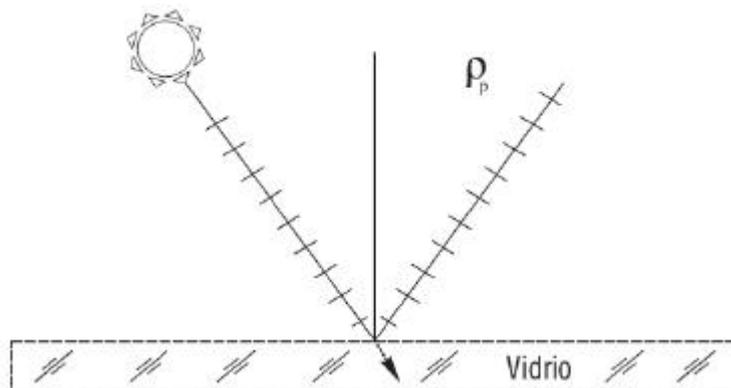
$\rho_s$ : Reflexividades de luz y polarizadas en los planos de incidencias

$$\rho_s = \sin^2 (\theta_i - \theta_r) / \sin^2 (\theta_i + \theta_r)$$



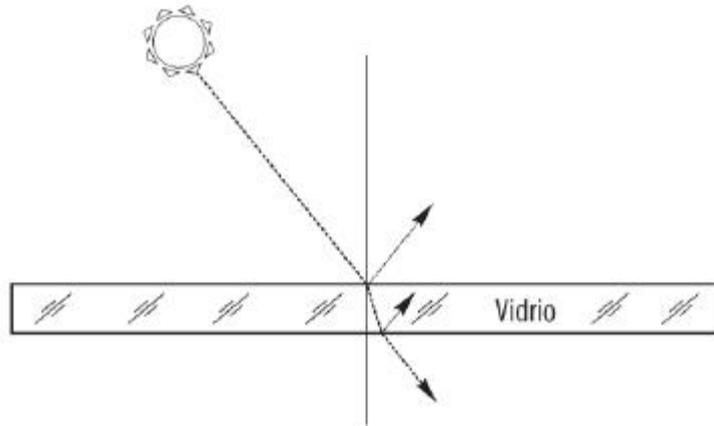
$\rho_p$ : Reflexividad de luz polarizada perpendicular en el plano de incidencia

$$\rho_p = \tan^2 (\theta_r - \theta_t) / \tan^2 (\theta_r + \theta_t)$$



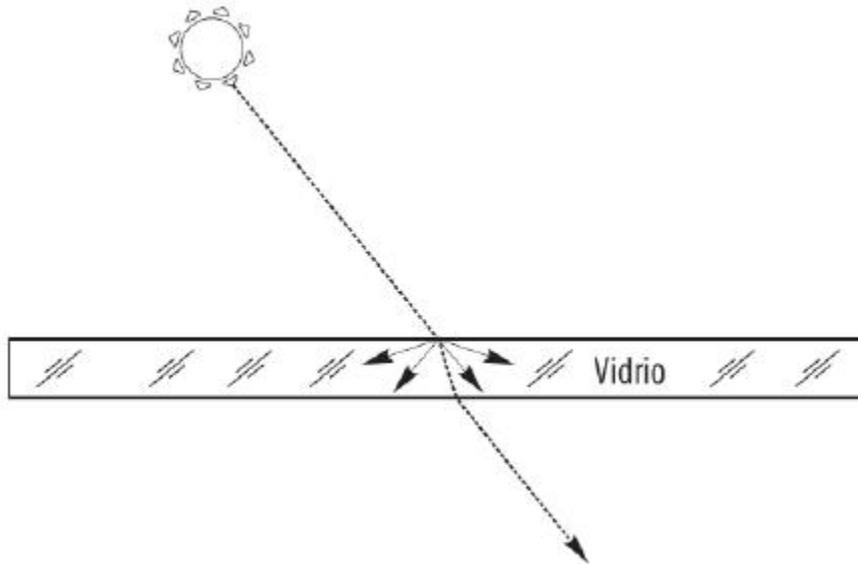
$\tau_r$ : Reflexividad de luz polarizada perpendicular en el plano de incidencia

$$\tau_r = \frac{1}{2} \left( \frac{1 - \rho_s}{1 + (2N - 1)\rho_p} \right)$$



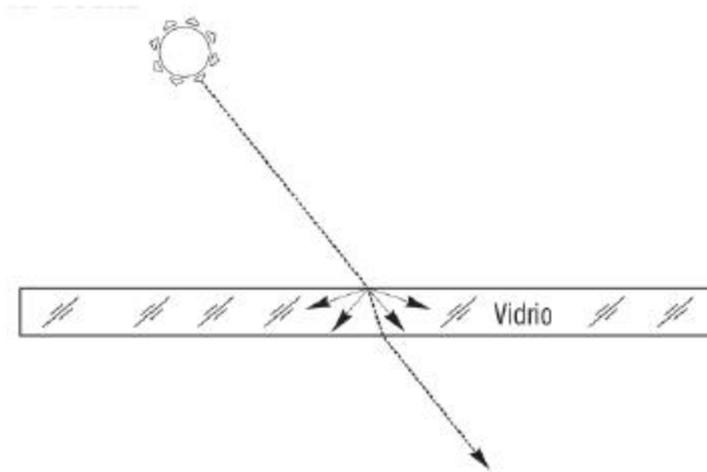
$\tau_a$ : Transmisividad por absorción

$$\tau_a = e^{-kaNL / \cos \theta_r}$$



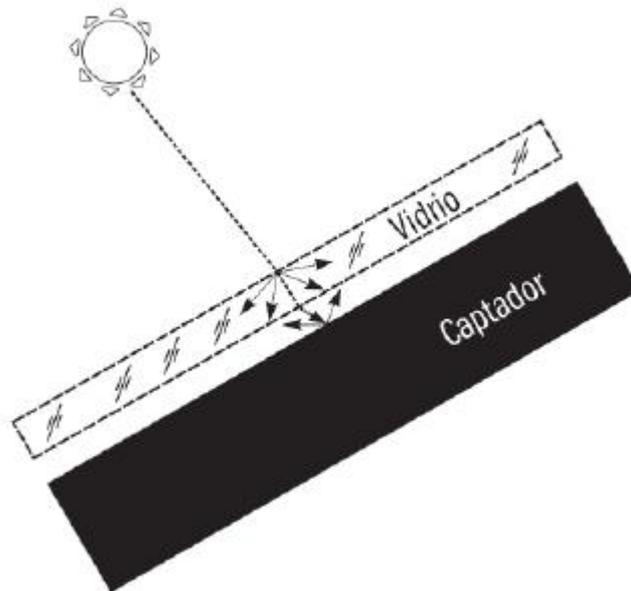
$\tau$ : Transmisividad solar

$$\tau = \tau_r \cdot \tau_a$$



$\tau\alpha$ : Producto transmisividad – absorbencia

$$\tau\alpha = \tau \left( \frac{\alpha}{1 - (1 - \alpha)\rho_a} \right)$$

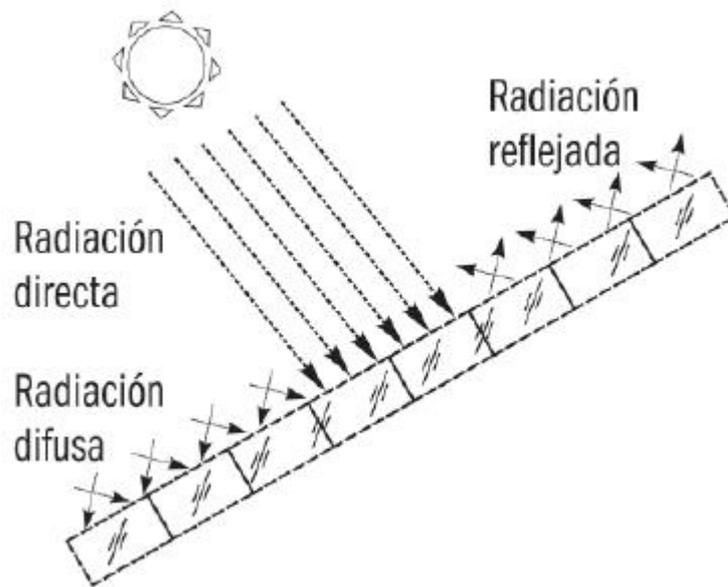


$(\tau\alpha)_e$ : Valores reales de los productos transmisividades – absorbencias

$$(\tau\alpha)_e = \tau\alpha + 0.27(1 - \tau\alpha)$$

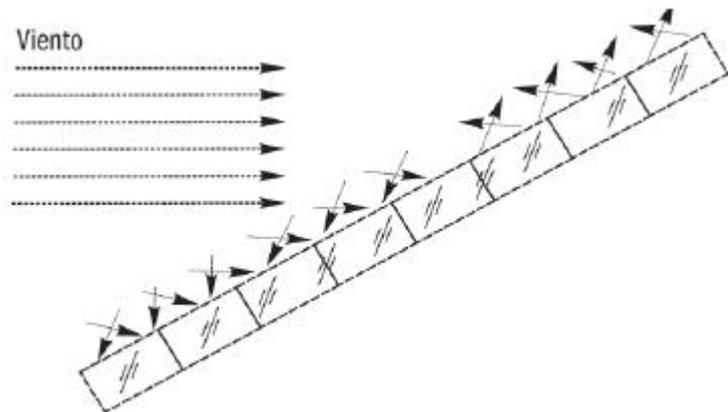
S: Radiaciones absoluta absorbida por el colector por unidad de área  $[W/m^2]$

$$S = H_T(\tau\alpha)_e(1 - a)(1 - b)$$



$h_w$ : Coeficiente de transmisión del calor entra cubierta y el centro del ambiente [ $W/m^2$ ]

$$h_w = 4,9 + 3,27 w$$



$Q'_L$  = Demanda de energía diaria [W]

$$Q'_l = \sum q_l$$

$$Q'_l = m_l c_p (T_s - T_l)$$

$Q_P$  = disminución de energía por almacenamiento en 1h [W/hora]

$$Q_p = (UA)_s (T_{S(i-1)} - T_{ra})$$

$Q_L$  = requerimiento de energía en un periodo de 1h[W/hora]

$$Q_L = \dot{m}_L c_p (T_S - T_L)$$

$$Q_L = \dot{m}_L c_p (T_{S(i-1)} - T_L)$$

#### 1.4. Formulación del problema.

¿Cómo Diseñar Una Cabina de Secado De Pintura que utilice Energía Solar Para Mejorar El Servicio Automotriz, CARMAS SAC Chiclayo, 2019?

#### 1.5. Justificación del estudio.

##### 1.5.1 Justificación Social

La presente investigación generará beneficio a los talleres de pintura, también al parte automotor y población, el costo de pintado será más económico.

##### 1.5.2 Justificación Técnica.

Se justificó técnicamente el proyecto, porque mediante un diseño se logra captar la energía solar y transferirlo por convección y radiación al interior de un horno, para secar la pintura en la carrocería del vehículo. La temperatura, la humedad relativa y la circulación del aire en la parte interna del horno, determinan un secado uniforme para la pintura, y esa manera se garantiza la impresión en el material de la carrocería.

##### 1.5.3 Justificación Económica.

Procedimiento directo en el secado de la pintura, mediante un diseño apropiado, no genera costos de energía, si es comparado con la propagación del calor a través de la fuente eléctrica. Los costos de energía en las labores de pintado de vehículo, incrementan el servicio; al tener energía solar como fuente energética para el secado de la pintura, disminuyen el importe por el servicio en el taller automotriz.

#### 1.5.4 Justificación Ambiental

La utilización de energía solar no tiene impacto en el medio ambiente, si es comparado con el impacto que tiene la utilización de la energía eléctrica, y más aún si ésta es generada a partir de la combustión, lo cual tiene como consecuencia la emisión de gases al medio ambiente, siendo el dióxido de carbono el de mayor cantidad, el cual incrementa el efecto invernadero al incrementar la temperatura de la atmosfera.

#### 1.6. Hipótesis

Diseñar una cabina de secado para pintura con energía solar permite determinar la mejora del servicio automotriz, CARMAS SAC Chiclayo.

#### 1.7. Objetivos.

##### 1.7.1 Objetivo General

Diseñar la cabina de secado para pintura con energía solar que permita determinar la mejorar del servicio automotriz, CARMAS SAC Chiclayo

##### 1.7.2 Objetivos específicos

- Definir la situación actual en cuanto al procedimiento de secado de la pintura de las piezas automotrices.
- Establecer el potencial de energía solar, de la zona de influencia del proyecto.
- Examinar el proceso de transferencia de calor en el interior de la cabina de acuerdo a las cargas térmicas
- Seleccionar los elementos colectores de calor y de flujo de aire
- Elaborar una evaluación económica, utilizando indicadores económicos, tales como: VAN y TIR

## II. MÉTODO

### 2.1 Diseño de investigación:

En el presente estudio no se realizará modificación alguna en sus variables recopilare datos de manera directa que me permitan ser analizados en forma real por tratarse de una investigación no experimental

### 2.2 Variables, operacionalización:

#### 2.2.1 Variable independiente:

Diseñar una cabina para el secado de pintura con energía solar

#### 2.2.2 Variable Dependiente:

Mejorar el servicio automotriz, Carmas SAC Chiclayo

Tabla 3. Variables

2.2.3. Operacionalización de Variables.

Fuente: Autoría propia

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN	INSTRUMENTOS
Independiente  Diseñar una cabina de secado de pintura con energía solar	Es el conjunto de dispositivos que cumplen la función de captar la energía solar y luego transferir dicha energía en el interior de una cabina para acelerar el tiempo de secado de la pintura en piezas automotrices.	El dimensionamiento de los dispositivos se realiza con las teorías científicas de transferencia de calor, así como también de la optimización de la captación de energía solar.	Diseño Mecánico.  Diseño Térmico	Estructura en la cabina  Transferencia de calor por convección, radiación y conducción.	Guía de Observación.
Dependiente:  mejorar del servicio automotriz, Carmas SAC Chiclayo	Es el tiempo y la calidad del servicio realizado a las piezas automotrices utilizando un secador con energía solar.	El tiempo de secado está en función a la temperatura de exposición de la superficie a pintar, el área de pintado y el tipo de pintura utilizado.	Horas de secado.  Temperatura de secado.  Tiempo de entrega del servicio	Calidad del producto  Calidad del servicio.	Guía de Observación.

## 2.3. Población y Muestra

### 2.3.1. Población (N)

No se aplicará población para el estudio

### 2.3.2. Muestra. (n)

La muestra del diseño de una cabina de secado de pintura con energía solar para mejorar el servicio automotriz Carmas SAC, Chiclayo, 2019

## 2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos: valides y confiabilidad:

El diseño de una cabina de pintura para mejorar en el servicio automotriz.

### 2.4.1 Técnicas

Realice la siguiente técnica de investigación.

Tabla 4. Instrumentos de recolección de datos.

TÉCNICA	USO	INSTRUMENTO
Inspección documentaria.	Analizar los diseños existentes y hornos convencionales, las teorías referentes a la transmisión de calor, así como también características de los materiales a utilizar.	Ficha de Evaluación Documentaria.
Observación.	Conocer otros hornos Se realizará el cálculo del nivel de radiación solar, mediante el uso de equipos medición calibrados.	Ficha de visita técnicas a otros hornos Ficha de registro de radiación solar

Fuente: Elaboración propia.

## 2.4.2 Instrumento de recolección de datos

### Observación:

Utilizar la presente guía para determinar cada cálculo según nivel de iluminación del sol y lugar donde será ubicado el horno propuesto.

#### □ Inspección documentaria.

Se evalúan los diseños existentes de hornos convencionales, las teorías referentes a transmisión de calor, así como también características de los materiales a utilizar.

## 2.4.3 Validez y confiabilidad

#### □ validez

Se validará esta tesis bajo la explicación directa manteniendo un cuidado único en el desarrollo mediante proceso metódico según resultado conseguido esta investigación es de carácter científico. Estudiare como es el diseño del horno que emplea energía solar para secar la pintura de piezas automotrices.

#### □ Confiabilidad

Se utilizarán las versiones de los profesionales que validarán los instrumentos utilizados, en las presentes investigaciones, también añadiré la cita del autor con sus respectivos números de páginas el desarrollo de esta investigación fue realizado bajos seguridad y la veracidad del resultado obtenido.

## 2.5 Métodos de análisis de datos:

El documento de prueba que utilizare será de acuerdo a la planificación, los valores de los equipos son confiables, se utilizara instrumentó calibrado.

## 2.6 Aspectos éticos:

El tesista debe emplear una fuente confiable en su investigación siendo responsable de las decisiones que tome en el proceso del desarrollo, el cuidado de la salud y el sistema ambiental ser confiable al establecer conclusiones en el análisis del proyecto.

### **III RESULTADOS.**

#### **3.1 Definir la situación actual en cuanto al procedimiento de secado de la pintura de las piezas automotrices.**

##### **□ Características de la Pintura en las Piezas Automotrices**

El calor específico de las pinturas uretanas es: 0.42 Kcal/Kg. °K (1.75Kj/Kg °K)

Densidad es: 1150 Kg/m<sup>3</sup>

Resistencia a la rotura es: 130 Kg/cm<sup>2</sup>.

Espesor de la película es: 1.5 – 2 mils (38-50 micras)

Rendimiento es: 12 m<sup>2</sup>/Galón a 1.5 mils seco (3.17 m<sup>2</sup>/litro)

##### **□ Piezas Automotrices para pintado.**

En el Taller Servicio Automotriz CARMAS SAC, se realiza el pintado de las autopartes de la carrocería de las unidades vehiculares, para lo cual se desmonta las piezas que están articuladas en la carrocería. Los vehículos a los cuales se presta servicio son los vehículos automotrices livianos y vehículos automotrices pesados, siendo la diferencia entre ambos por el peso de la unidad, es decir que, si el peso es menor a 3500 Kg, se considera vehículo automotriz liviano, si es mayor a 3500 Kg es considerado vehículo automotriz pesado.

Tabla 5. Dimensiones de piezas automotrices

N°	Descripción Pieza Automotriz	DIMENSIONES DE PIEZAS AUTOMOTRICES			
		Largo (mm)		Ancho (mm)	
		Vehículo Liviano	Vehículo Pesado	Vehículo Liviano	Vehículo Pesado
1	Puertas Laterales	400	750	340	540
2	Guardafango Delantero	240	450	130	230
3	Guardafango Posterior	230	380	145	250
4	Capot	750	980	340	550
5	Carrocería	2400	3450	1450	1750
6	Puerta Posterior	760	890	350	560
7	Puerta Maletera	520	760	340	510
8	Espejos	210	360	110	210
9	Máscara Delantera	1560	1780	130	220
10	Parachoque delantero	1350	1870	140	230
11	Parachoque Posterior	1370	1850	150	260

Fuente: Autoría propia

Se muestra las piezas que se desmontan de la carrocería y que son pintadas para lo cual, se tiene las dimensiones de acuerdo a la clasificación vehicular.

□ **Tiempo de Secado del Pintado.**

Una de las dificultades que se tiene en el taller, es que el secado de la pintura de las piezas automotrices se realiza al “aire libre”, es decir expuesto al medio ambiente, con las consecuencias que ahí ocurren, como es el tiempo del secado, la impresión de sólidos disueltos en el aire y el deterioro del acabado superficial.

El tiempo de secado de la pintura es una de las principales deficiencias que se tiene, debido que, para el montaje de las piezas automotrices, se requiere que el secado se realice por completo para su armado, lo cual hace que el tiempo total de pintado de la unidad sea largo, lo que hace que el servicio no se entregue dentro de los plazos que exige el cliente.

En la tabla 5, se muestra los servicios atendidos en los últimos seis meses.

Tabla 6. Número de vehículos pintados.

Tipo de Vehículo	N° de Servicios Atendidos de Unidades Vehiculares para Pintado						
	2018			2019			Total
	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	
Vehículos Livianos	22	18	21	19	16	21	117
Vehículo Pesados	8	6	13	13	18	14	72

Fuente: Carmas sac.

Se observa que el número de servicios para pintado es variable en los meses del año, pero la tendencia es de mayor frecuencia los vehículos livianos.

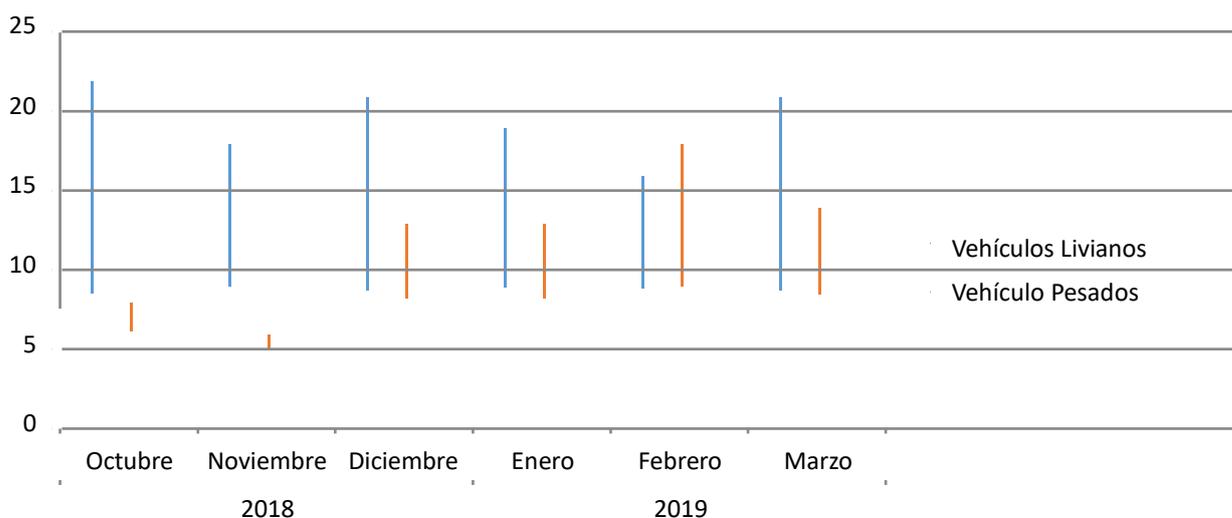


Figura 2. N° de Servicios Atendidos de Unidades Vehiculares para Pintado

Fuente: Carmas sac.

Tabla 7. Tiempo Promedio del Servicio de Pintado (Horas) de cada unidad vehicular

Tipo de Vehículo	Tiempo Promedio del Servicio de Pintado (Horas) de cada unidad vehicular					
	2018			2019		
	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Vehículos Livianos	44	43	37	34	32	32
Vehículo Pesados	68	66	54	48	46	48

Fuente: Carmas sac.

En la tabla 6, se muestra los tiempos promedios de los servicios de pintado en horas, teniendo en cuenta que el taller, la labor diaria es de 10 horas, de 08.00 a 18.00 horas.

También se puede observar que los tiempos promedio de cada servicio varía en función al mes, notándose que a medida que se acerca a los meses de verano (Diciembre – Marzo), los tiempos disminuyen, debido al incremento de la temperatura exterior que oscila entre los 28 a 34°C.

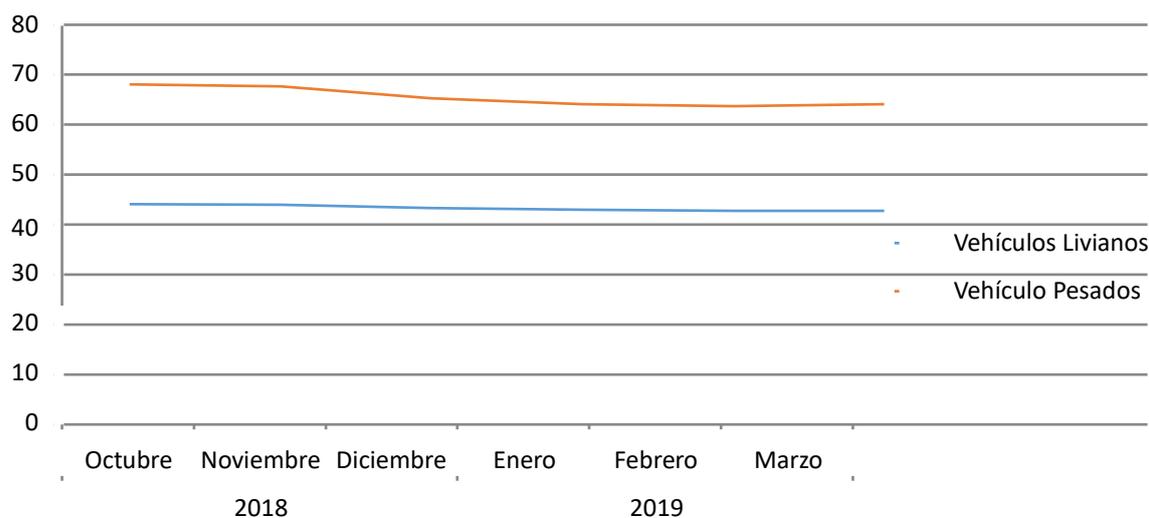


Figura 3. Tiempo Promedio del Servicio de Pintado (Horas) de cada unidad vehicular

Fuente: Carmas sac.

Tabla 8. Tiempo de Secado de la Pintura (Horas)

N°	Descripción Automotriz	Tiempo de Secado de la Pintura (Horas)	
		Vehículo Liviano	Vehículo Pesado
1	Puertas Laterales	5.6	6.8
2	Guardafango Delantero	3.4	4.6
3	Guardafango Posterior	4.2	4.8
4	Capot	6.3	8.5
5	Carrocería	14	18
6	Puerta Posterior	4.3	6.7
7	Puerta Maletera	5.6	6.5
8	Espejos	1.5	1.8
9	Máscara Delantera	5.6	8.8
10	Parachoque delantero	5.6	7.6
11	Parachoque Posterior	6.1	7.8

Fuente: Carmas sac.

La presente tabla muestra los tiempos promedios de secado de la pintura al “aire libre”, el cual se observa que los tiempos para las piezas automotrices de vehículos livianos es menor que del vehículo pesado. El secado no es el óptimo debido a que existen zonas de las piezas automotrices que por la geometría que presentan, el secado al aire libre no logra que el secado se realice de manera uniforme a lo largo de toda la pieza.

### 3.2 Determinar la capacidad de energía solar, de la zona de influencia del proyecto.

Mediciones de Parámetros Ambientales.

Se realiza las mediciones de dos parámetros:

- Temperatura del medio ambiente.
- Radiación Solar.

Las mediciones se realizaron utilizando un termómetro digital y un piranómetro para medir temperatura y nivel de radiación solar respectivamente

Tabla 9. Valores Promedios de Temperatura y Radiación Solar en la Empresa CARMAS SAC

Hora	Valores Promedios de Temperatura y Radiación Solar en la Empresa CARMAS SAC											
	2018						2019					
	Octubre		Noviembre		Diciembre		Enero		Febrero		Marzo	
	Temperatura (°C)	Radiación (Watt/m2)	Temperatura (°C)	Radiación (Watt/m2)	Temperatura (°C)	Radiación (Watt/m2)	Temperatura (°C)	Radiación (Watt/m2)	Temperatura (°C)	Radiación (Watt/m2)	Temperatura (°C)	Radiación (Watt/m2)
09.00-10.00	19.4	4.3	20.6	4.9	23.2	4.3	24.4	4.6	24.5	4.3	25.5	4.9
10.00-11.00	19.3	4.5	20.5	5.1	24.3	4.9	25.6	4.9	26.5	5.1	26.7	5.4
11.00-12.00	21.2	5.2	22.3	5.8	25.4	5.3	28.6	4.9	29.4	5.9	30.4	6.1
12.00-13.00	21.3	5.4	22.4	5.9	27.5	5.5	31.4	5.2	30.4	6.1	31.3	6.3
13.00-14.00	21.9	5.3	22.7	5.7	28.4	5.5	32.6	5.3	31.4	6.1	32.1	5.8
14.00-15.00	21.1	5.6	22.2	5.2	28.8	5.3	32.3	5.3	31.2	5.7	31.8	5.8
15.00-16.00	19.4	4.6	21.3	4.5	27.3	5.1	31.3	5.1	30.4	5.2	30.6	5.1
16.00-17.00	18.3	4.2	19.3	4.3	26.8	5	29.4	4.5	29.5	5.1	28.5	5.1

Fuente: Carmas sac.

En la tabla 5. Muestra que los valores de temperatura se incrementan a medida que se llega al mediodía, es decir se incrementa hasta tener un valor máximo entre las 12.00 y 14.00 horas, sin embargo, desciende ligeramente a medida que se aleja del mediodía. De manera análogo sucede con los niveles de radiación con valores máximos entre las 11.00 y 15.00 horas. Los valores de los parámetros de temperatura y radiación solar, se incrementan en diciembre a marzo, ya que es la estación de verano, el resto de meses el comportamiento es similar a los meses de octubre. En la zona Norte del Perú, existe un rango pequeño entre los valores máximo y mínimo de temperatura.

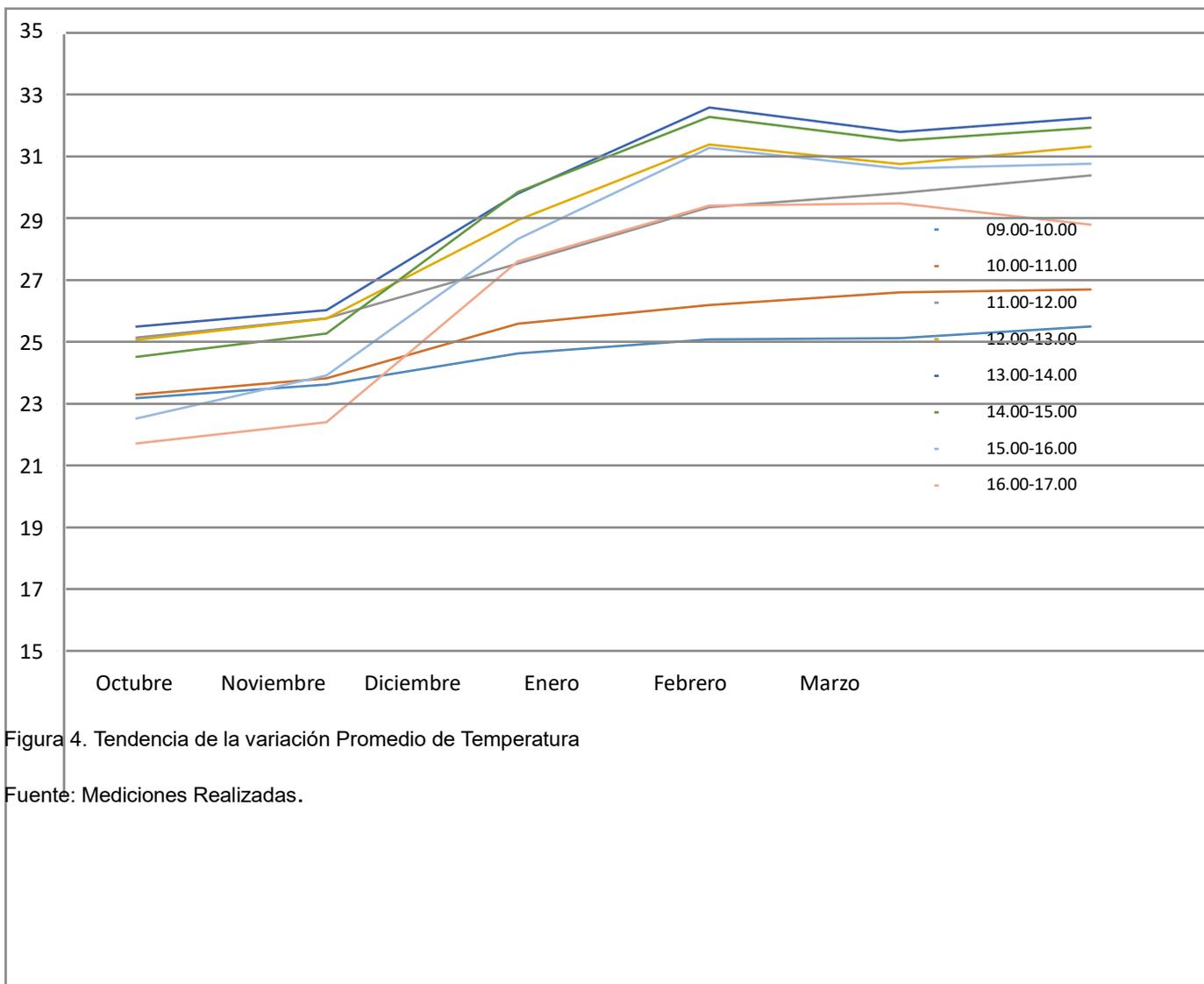


Figura 4. Tendencia de la variación Promedio de Temperatura

Fuente: Mediciones Realizadas.

Esta figura muestra que los valores de la temperatura tienen su valor máximo entre las 12.00 y 13.00 horas en todos los meses de las mediciones, así como también

en el mes de marzo los valores máximos de temperatura oscilan entre 31 y 32°C. Así mismo, la variación de cada valor máximo y mínimo y las temperaturas el mes de octubre a marzo.

Tabla 10. Variación de temperatura en °C, entre las 09.00 y 17.00 horas

Mes	Variación de Temperatura en °C, entre las 09.00 y 17.00 horas					
	2018			2019		
	octubre	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.
Variación de Temperatura	3.6	3.4	5.6	8.2	6.9	6.6

Fuente: Mediciones realizadas.

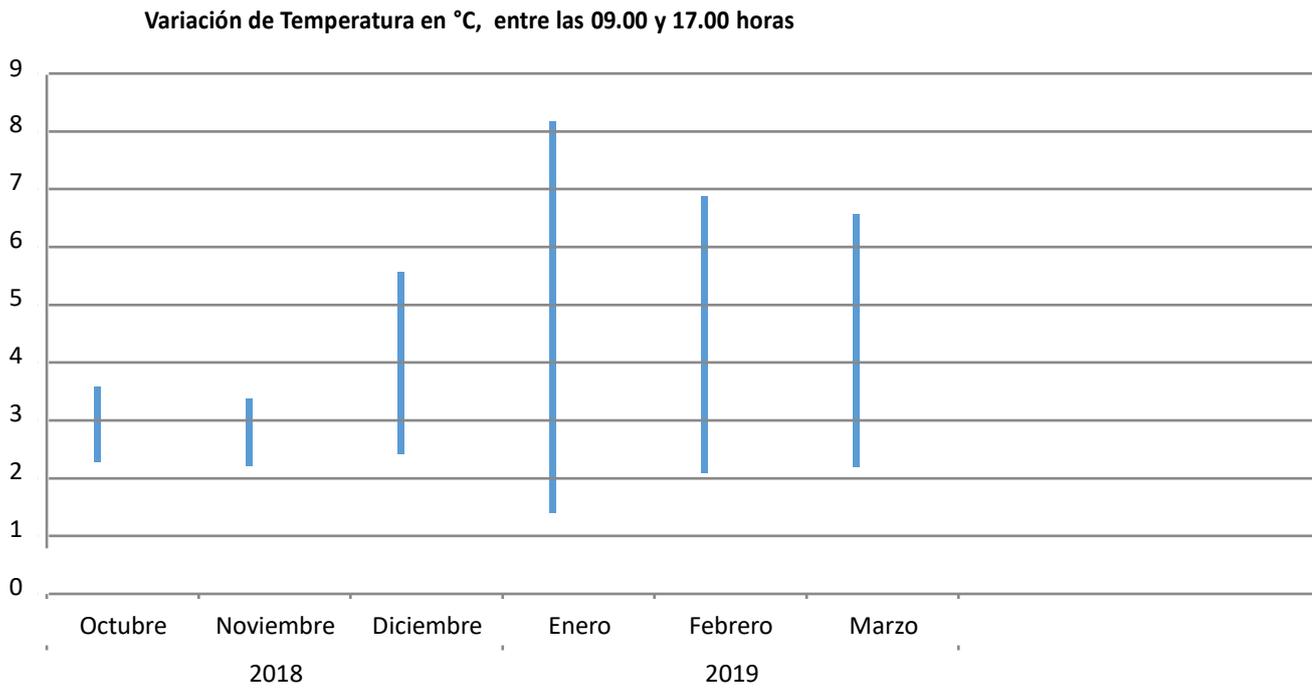


Figura 5. Valoración de temperatura en °C, entre las 09:00 y 17:00 horas

Fuente: Mediciones Realizadas.

En esta figura se aprecia lo siguiente

- El mayor valor de la variación de temperatura se da en el mes de enero con 8.2°C, siendo un valor que influye significativamente en el diseño de la cabina de secado.
- El menor valor se da en el mes de noviembre con 3.4°C.
- En el mes de Marzo a pesar que se alcanza la mayor temperatura, la variación de temperatura entre las 9.00 y 17.00 horas, solo alcanza un valor de 6.6°C.

En cuanto al análisis de radiación solar, se determina el valor promedio entre las 09.00 y 17.00 horas, para lo cual mediante el análisis de weibull, se determina dicho valor promedio

El análisis de Weibull, se realiza siguiendo la siguiente lógica:

N°	Radiación Solar Watt/m2	Mediana	$1/(1-Mediana)$	$Y = \ln(\ln(1/(1-Mediana)))$	$X = \ln(Radiación solar)$
1	4.2	0.014	1.01	-4.23	1.44
2	4.3	0.035	1.04	-3.33	1.46
3	4.3	0.056	1.06	-2.86	1.46
4	4.3	0.076	1.08	-2.53	1.46
5	4.3	0.097	1.11	-2.28	1.46
6	4.5	0.118	1.13	-2.08	1.50
7	4.5	0.138	1.16	-1.90	1.50
8	4.5	0.159	1.19	-1.75	1.50
9	4.6	0.180	1.22	-1.62	1.53
10	4.6	0.200	1.25	-1.50	1.53
11	4.9	0.221	1.28	-1.39	1.59
12	4.9	0.242	1.32	-1.28	1.59
13	4.9	0.262	1.36	-1.19	1.59
14	4.9	0.283	1.39	-1.10	1.59
15	4.9	0.304	1.44	-1.02	1.59
16	5	0.324	1.48	-0.94	1.61
17	5.1	0.345	1.53	-0.86	1.63
18	5.1	0.366	1.58	-0.79	1.63
19	5.1	0.386	1.63	-0.72	1.63
20	5.1	0.407	1.69	-0.65	1.63

Tabla 11. Procedimiento del Análisis de Weibull.

Fuente: Autoría propia.

N°	Radiación Solar Watt/m2	Mediana	1/(1-Mediana)	Y= ln(ln(1/(1-Mediana)))	X = ln(Radiación solar)
21	5.1	0.428	1.75	-0.58	1.63
22	5.1	0.448	1.81	-0.52	1.63
23	5.1	0.469	1.88	-0.46	1.63
24	5.2	0.490	1.96	-0.40	1.65
25	5.2	0.510	2.04	-0.34	1.65
26	5.2	0.531	2.13	-0.28	1.65
27	5.2	0.552	2.23	-0.22	1.65
28	5.3	0.572	2.34	-0.16	1.67
29	5.3	0.593	2.46	-0.11	1.67
30	5.3	0.614	2.59	-0.05	1.67
31	5.3	0.634	2.73	0.01	1.67
32	5.3	0.655	2.90	0.06	1.67
33	5.4	0.676	3.08	0.12	1.69
34	5.4	0.696	3.29	0.18	1.69
35	5.5	0.717	3.53	0.23	1.70
36	5.5	0.738	3.81	0.29	1.70
37	5.6	0.758	4.14	0.35	1.72
38	5.7	0.779	4.52	0.41	1.74
39	5.7	0.800	4.99	0.47	1.74
40	5.8	0.820	5.56	0.54	1.76
41	5.8	0.841	6.29	0.61	1.76
42	5.8	0.862	7.22	0.68	1.76
43	5.9	0.882	8.49	0.76	1.77
44	5.9	0.903	10.30	0.85	1.77
45	6.1	0.924	13.08	0.94	1.81
46	6.1	0.944	17.93	1.06	1.81
47	6.1	0.965	28.47	1.21	1.81
48	6.3	0.986	69.14	1.44	1.84

Est  
abl  
ece  
r s  
u l  
umi  
nos  
ida  
d d  
e p  
ote  
nci  
a d  
el s  
ol,  
est  
abl  
eci  
mo  
s ci  
erto

### Distribución de Weibulls parámetros

según su distribución de Weibull, que corresponde su escala según parámetro se expresa en KW-h/m, determina indicador de luminosidad y sus parámetros según

punto proyectado, el factor °K, muestra el grado de dispersión de la medida realizada, este resultado nos permite afirmar el valor real de la radiación solar y se calcula mediante la ecuación.

$$P(r) = \left( \frac{r}{c} \right)^{k-1} e^{-(r/c)^k}$$

Para establecer cada parámetro en la ecuación de Weibull, utilizare lo mínimo, que pertenece a su ecuación de probabilidad de Weibull.

$$P(r \leq r_i) = 1 - e^{[-(c)] r_i^k}$$

Datos que logramos, utilizando el método de regresión lineal, esto se relaciona la variable, la ejecución se plasma en la ecuación:

$$Y_i = \text{Ln}[-\text{Ln}(1 - P_i)]$$

$$X_i = \text{Ln}(r)$$

$$a = -k \text{Ln}(c)$$

$$b = k$$

Con los valores dados en la tabla 8, se determinarán en la ecuación de la recta, en donde:

$$Y = aX + b$$

Según proceso del mínimo cuadrado, se refiere a la aproximación en la ecuación de la recta, y para hallar el valor, se empleará el proceso siguiente

- Se multiplican estos siguientes valores X.Y, y el valor de X al cuadrado, después realizare la sumatoria de cada valore de X, el valor de Y, y el valor X.Y, y por último sus sumatorias del cuadrado en X

Tabla 12. Procedimiento del Análisis de Weibull.

N°	Radiación Solar Watt/m2	Y= $\text{Ln}(\text{Ln}(1/(1 - \text{Mediana})))$	X = $\text{Ln}(\text{Radiación solar})$	X.Y	X2

1	4.2	-4.23	1.44	-6.07	2.06
2	4.3	-3.33	1.46	-4.86	2.13
3	4.3	-2.86	1.46	-4.17	2.13
4	4.3	-2.53	1.46	-3.69	2.13
5	4.3	-2.28	1.46	-3.33	2.13
6	4.5	-2.08	1.50	-3.12	2.26
7	4.5	-1.90	1.50	-2.86	2.26
8	4.5	-1.75	1.50	-2.64	2.26
9	4.6	-1.62	1.53	-2.47	2.33
10	4.6	-1.50	1.53	-2.29	2.33
11	4.9	-1.39	1.59	-2.20	2.53
12	4.9	-1.28	1.59	-2.04	2.53
13	4.9	-1.19	1.59	-1.89	2.53
14	4.9	-1.10	1.59	-1.75	2.53
15	4.9	-1.02	1.59	-1.61	2.53
16	5	-0.94	1.61	-1.51	2.59
17	5.1	-0.86	1.63	-1.40	2.65
18	5.1	-0.79	1.63	-1.28	2.65
19	5.1	-0.72	1.63	-1.17	2.65
20	5.1	-0.65	1.63	-1.06	2.65
21	5.1	-0.58	1.63	-0.95	2.65
22	5.1	-0.52	1.63	-0.85	2.65
23	5.1	-0.46	1.63	-0.75	2.65
24	5.2	-0.40	1.65	-0.65	2.72
25	5.2	-0.34	1.65	-0.56	2.72
26	5.2	-0.28	1.65	-0.46	2.72
27	5.2	-0.22	1.65	-0.36	2.72
28	5.3	-0.16	1.67	-0.27	2.78
29	5.3	-0.11	1.67	-0.18	2.78
30	5.3	-0.05	1.67	-0.08	2.78

Fuente: Autoría Propia

Tabla 12. Procedimiento del Análisis de Weibull.

N°	Radiación Solar Watt/m2	Y= $\ln(\ln(1/(1-\text{Mediana})))$	X = $\ln(\text{Radiación solar})$	X.Y	X2
31	5.3	0.01	1.67	0.01	2.78
32	5.3	0.06	1.67	0.10	2.78
33	5.4	0.12	1.69	0.20	2.84

34	5.4	0.18	1.69	0.30	2.84
35	5.5	0.23	1.70	0.40	2.91
36	5.5	0.29	1.70	0.50	2.91
37	5.6	0.35	1.72	0.60	2.97
38	5.7	0.41	1.74	0.72	3.03
39	5.7	0.47	1.74	0.83	3.03
40	5.8	0.54	1.76	0.95	3.09
41	5.8	0.61	1.76	1.07	3.09
42	5.8	0.68	1.76	1.20	3.09
43	5.9	0.76	1.77	1.35	3.15
44	5.9	0.85	1.77	1.50	3.15
45	6.1	0.94	1.81	1.71	3.27
46	6.1	1.06	1.81	1.92	3.27
47	6.1	1.21	1.81	2.19	3.27
48	6.3	1.44	1.84	2.66	3.39
	Suma	-26.90	78.80	-38.33	129.89

Fuente: Autoría Propia

- determinar los valores de a y b, con las expresiones:

$$a = \frac{n \cdot \sum(X \cdot Y) - \sum X \cdot \sum Y}{n \cdot \sum X^2 - |\sum X|^2}$$

$$b = \frac{\sum Y \sum X^2 - \sum X \cdot \sum(X \cdot Y)}{n \cdot \sum X^2 - |\sum X|^2}$$

Reemplazando valores, se tiene:

$$a = 11.29$$

$$b = -19.1 = a = -k \ln(c) \text{ y } b=k$$

$$\text{Se tiene: } c = e^{\frac{19.1}{11.29}}$$

$$c = 5.42$$

Los factores de escala, muestran el nivel de radiación promedio entre las 09.00 y 17.00, en los meses de octubre del 2018 y marzo del 2019 es de 5.42k Watt-h/m<sup>2</sup>

### 3.3 Examinar el proceso de transferencia de calor en el interior de la cabina de acuerdo a las cargas térmicas.

- **Calor requerido para caldear la masa de aire.**

La cabina donde se realiza el secado de cada pieza automotriz,

Al sugerir las dimensiones de 3m x 1.2m x 1.2m, la cabina, la masa de aire en esa área será de:

$$V = 3 * 1.2 * 1.2 = 4.32 \text{ m}^3$$

Su densidad del aire es 1,27 Kg/m<sup>3</sup>, esa masa de aire será:

□ **Flujo de aire**

Según la regulación de NFPA-33 (América, 2011), “estipula el caudal del aire que entrara a la cabina tiene un ciclo de 120 renovación completa por hora.

□ **Velocidad de aire**

En la zona se tiene que la velocidad media del aire oscila entre 0.3 y 0.4 m/s en horas entre las 09.00 y 17.00 horas, siendo el valor promedio de 0.35 m/s.

□ **Temperatura.**

Para el pintado de piezas de material sintético y de policarbonato, con el cual están contruidos la carrocería de los vehículos, se indica una temperatura alrededor de 20°C, para el secado la temperatura máxima que debe alcanzar 50°C.

□ **Recircula miento del aire.**

Se plantea que, en la cabina, el aire recircule por el interior, y solo admita en cada recirculación el 5% de aire nuevo.

Con la finalidad de optimizar los recursos para caldear el aire que entrará a la cabina, tendrá un sistema que recirculará el 95% y el 5% será de aire nuevo.

El valor de la temperatura varía en función a los meses del año, siendo el valor promedio del año de 22°C, con una presión atmosférica de 100 KPa, al estar cerca al nivel del mar.

□ **Cálculo del caudal y flujo másico de aire necesario**

El diseño incluye el aporte de energía cinética de un ventilador, se calcula el volumen de la cabina, teniendo en cuenta el número de veces de renovación de aire por hora, que se requiere en el interior de la cabina.

Se utiliza un aislante térmico de la cabina de pintado de material térmico de 1,27cm (1/2 Pulgada), la masa total internamente será:

**Dónde:**

V= Volumen

Q = Caudal

a= Largo

b = Ancho

c = Alto

$$V= a \times b \times c$$

$$V= (3 - 2 \times 0,0127) \times (1.2 - 2 \times 0,0127) \times 1.2$$

$$V= 4.19 \text{ m}^3$$

El caudal del área requerida:

$$Q = V \times \# \text{renovaciones}$$

$$Q = 4.19 \frac{\text{m}^3}{\text{Renovación}} \times 120 \frac{\text{Renovaciones}}{\text{Hora}}$$
$$Q = 502.8 \frac{\text{m}^3}{\text{..}} = 0.13 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

Para determinar la densidad del aire a la temperatura del lugar y a la presión atmosférica, se utiliza la expresión propuesta por Willard W. Pulbarek,

$$\rho = \frac{P}{R \cdot T}$$

Dónde:

P: Presión Atmosférica: 100 KPa.

R: Constante de los gases: 287 Nm/Kg

T: Temperatura ambiente promedio: 22°C= 295,15K

Reemplazando valores, se tiene:

$$\rho = \frac{100000 \frac{N}{m^2}}{20 \frac{Nm}{KgK} * 273.15K}$$

$$\rho = 1.18 \text{ Kg/m}^3$$

El flujo másico del aire, es la relación entre la densidad del aire y el flujo volumétrico del aire.

$$\dot{m} = \rho * V$$

Reemplazando valores:

$$\dot{m} = 1.18 * 0.13 = 0.153 \text{ Kg/Seg}$$

#### □ Dimensionamiento de los ductos

En el diseño de cabinas de secado con aire, si la velocidad es excesiva lo que va a ocurrir es que las pérdidas de presión en los ductos serán de valor significativo, se recomienda que la velocidad tenga un valor máximo de 10m/s, además a mayor velocidad del aire en los ductos, el ruido se incrementa.

Area de los Ductos de Ingreso de Aire

La ecuación del caudal, que relaciona la velocidad y el área es.

$$Q = v * A$$

Dónde:

Q: Caudal del aire, m<sup>3</sup>/s

v: Velocidad de ingreso del aire en m/s

A: Area de la sección del ducto.

Reemplazando valores, se tiene:

$$A = \frac{0.13}{10} = 0.013 \text{ m}^2$$

Siendo la geometría circular, se tiene que el diámetro de la sección de la tubería.

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0.013}{\pi}} = 0.12 \text{ m} = 12 \text{ cm}$$

#### □ **Determinación del calor que se requiere en la cabina**

##### **Calor sensible $Q_1$**

La determinación se realiza con la pieza que tiene más tamaño y toma mayor tiempo de secado, en este caso es la carrocería del auto. La cantidad de pintura a usar para esta pieza como máximo es de 2 Kg.

Se fijarán los siguientes parámetros:

Tf = 50°C (323 K) Temperatura necesaria para el secado

To = 22°C (295K) Temperatura ambiental

m = 2kg Masa promedio

Cp = 0.55 J/kg K Calor específico del polietileno (Anexo 7)

t = 3600 s Tiempo aproximado del proceso de secado en la cabina

Q1 Calor sensible necesario para provocar la elevación de temperatura de la autoparte.

Q1 Flujo de calor necesario para provocar la elevación de temperatura de la autoparte.

$$Q_1 = m \times C_p \times \Delta T$$

$$Q_1 = m \times c_p \times (T_f - T_0)$$

$$Q_1 = 2 \times 0.55 \times (323 - 295)$$

$$Q_1 = 30.8/3600s$$

$$Q_1 = 0.0085W$$

### Calor por convección $Q_2$

Iniciare con el proceso para calcular el calor por convección necesario para que el aire en la parte interior de la cabina genere esta elevación de temperatura en la pintura de la autoparte. De forma Previa se debe determinar si el proceso de convección que ocurre es natural o forzado, y eso se realiza mediante el cálculo del número de Reynolds en la sección más crítica esto es en los ductos de ingreso al habitáculo.

$$NR = \frac{v * D * \rho}{\mu}$$

Dónde:

NR: Número de Reynolds.

D: Diámetro de ingreso del aire.

$\mu$ : Viscosidad cinemática del aire, 0.0018 Centipoises.

$v$ : Velocidad del aire, en el ducto de ingreso 10m/s.

Reemplazando valores, se tiene:

$$NR = \frac{10 * 0.12 * 1.18}{1.8 * 10^{-5}} = 78666.6$$

La determinación del flujo de calor que se da en la parte interna del habitáculo

Y el mecanismo a pintar:

$$Q_2 = h * A * (T_f - T_0)$$

Dónde:

Tf: Temperatura final, 50C, que es la temperatura necesaria para el secado de la pintura en la pieza automotriz.

To: Temperatura promedio del medio ambiente, 22°C.

A: Área de la pieza automotriz, en promedio 1500 x 800 mm (1.5\* 0.8 = 1.2m2).

$$Q_2 = h * A * (Tf - T_0)$$

La determinación del coeficiente por convección forzada h, está en función a la conductividad térmica, al número de Nusselt y a las dimensiones de la pieza automotriz a pintar.

$$h = \frac{k}{L} * Nu$$

Dónde:

K: Conductividad térmica del aire, 0.02514 W/m K

L: Longitud de la pieza automotriz: 1,5m

Nu: Número de Nusselt

El número adimensional de Nusselt, determina el aumento de transmisión del calor de una superficie a un liquido, el cual determina mediante la expresión:

$$Nu = 0.0308 * Re^{0.8} * Pr^{1/3}$$

El número adimensional de Prant, resulta entre cociente : del cociente entre: la viscosidad del liquido y la difusividad térmica, ésta última la velocidad cabiante internamente de la sustancia ; de acuerdo a los valores del aire, se tiene que el valor del Número de Prant es 0.73. El número adimensional de Reynold calculado es de 78666.6

Reemplazando valores:

$$Nu = 0.0308 * 78666.6^{0.8} * 0.73^{1/3}$$

$$Nu = 228.87$$

Luego, se determinan los coeficientes de transferencias de l calor por convecciones.

$$h = \frac{k}{L} * Nu$$

$$h = \frac{0.02514}{0.0127} * 228.87$$

Finalmente, se calcula el valor del calor por convección.

$$Q2 = h \times A \times (Tf - T0)$$

$$Q2 = 3.83 \times 1.2 \times (50-22)$$

$$Q2 = 128.68 \text{ Watt.}$$

#### □ Calor perdido por las paredes de la cabina $Q^3$

Para proveer que el calor se pierda en la parte interna del habitáculo, se utilizó espuma de poliuretano (poly espuma) existen el en mercado para comprar bajo grosor de 1.27cm, siempre se realizara el diagnostico de conducción térmica, es importante para determinar las perdidas internamente.

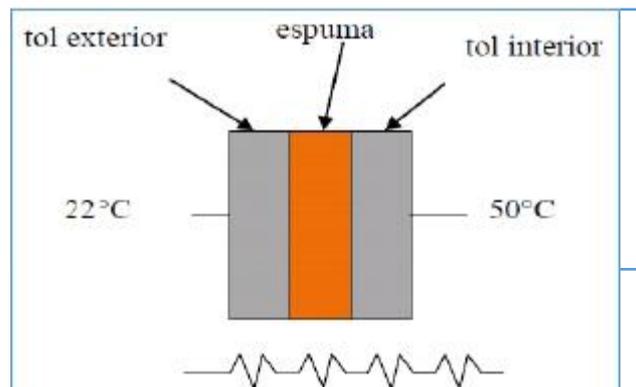


Figura 6. Muestra del calor perdido por las paredes de la cabina

Es generado al calcular, las resistencias de las trasferencias caloríficas que se muestra en cada proceso:

Material. Es primordial mencionar que la resistencia R1, R2 y R3 se produce por conducción de su capa aislante, el valor R4 es la resistencia regenerada del aire internamente y el inicio de la capa de tol.

Cálculo de R

$$R = \frac{L}{K * A}$$

Donde:

R: Resistencia al flujo de calor

L: Espesor de la capa

K: Conductividad térmica

A: Área de transferencia de calor

La capa exterior e interior son de mismo espesor, y siendo las dimensiones de la cabina de 3m\*1.2m\*1.2m, el área de transferencia de calor, será igual en todas las capas

At = A lateral + A Arriba y abajo + A Adelante y atrás

$$At = 2*(1.2*1.2) + 2*(1.2*3) + 2*(1.2*3)$$

$$At = 17.28 \text{ m}^2$$

L1 = L3 = 0.7mm  $\simeq$  (0.0007m) Espesor del toll

L2 = 1.27cm  $\simeq$  (0.0127m) Espesor de la espuma

K1 = 110 W/m K Conductividad térmica del Toll.

K2 = 0.022 W/m K Conductividad térmica de la espuma

$$R1 = R3 = \frac{0.0007}{110 * 17.28} = 3.68 * 10^{-7} K/W$$

$$R2 = \frac{0.0127}{0.022 * 17.28} = 3.3 * 10^{-2} K/W$$

La determinación de R4

$$R4 = \frac{1}{hxA}$$

$$R4 = \frac{1}{0.015 K/W}$$

Finalmente, el valor de  $R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 = 2 * 3.68 * 10^{-7} + 3.3 * 10^{-2} + 0.015 = 0.048 \frac{K}{W}$

El valor de  $Q_3$ , se determina:

$$Q_3 = \frac{\Delta T}{R_{total}}$$

$$Q_3 = \frac{(T_f - T_o)}{R_{total}}$$

$$Q_3 = \frac{(323 - 295)}{0.048} = 583.3 \text{ Watt}$$

El valor del calor que se requiere es:

$$Q_t = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0.0085 + 128.68 + 583.3 = 711.98 \text{ Watt.}$$

### 3.4 Seleccionar los elementos colectores de calor.

#### □ Selección de colector solar.

Se utilizará el colector solar de placa plana. La selección del colector solar se determina en función a la ecuación de transferencia del calor. El colector capta la energía solar el cual se determinó en el ítem 3.2 que tiene un valor de 5.42 Watt/m<sup>2</sup>, y flujo de calor para que el aire logre secar el calor de 711.98 Watt, determinado en el ítem 3.3. La temperatura de secado es de  $T_f = 50^\circ\text{C}$ , Temperatura del medio exterior promedio  $^{\circ}\text{T} = 22^\circ\text{C}$  (295K)

El colector solar se instala en la parte superior de la cabina, la cual tiene un área de 1.00m de ancho y 1.00 de longitud.

#### □ Características de un calentador:

El calentador está compuesto entre colector plano, placa de absorción de Aluminio, una plancha de vidrio encubierta. Las características son:

Área del colector	: $a_c = 1 \text{ m}^2$
Número de planchas de vidrio	: $n = 1$
Espesor de la plancha de vidrio	: $l = 0,004 \text{ m}$
Coefficiente de absorción del vidrio	: $k_a = 3,0 \text{ m}^{-1}$
Absorbencia de la plancha	: $\alpha = 0,95$
Espesor de la plancha colector	: $d = 0.0015 \text{ m}$

Temperatura de ingreso del fluido :  $t_f = 22 \text{ }^\circ\text{C}$  (295 k)  
 Temperatura media del colector :  $t_p = 50 \text{ }^\circ\text{C}$  (323 k) (temperatura de trabajo)  
 Inclinación del colector :  $\beta = 12^\circ$  ángulo de incidencia de radiación solar

□ **Ángulo de la declinación del sol en medio día**

$$\delta = 23.45 \sin\left(360 \frac{284+n}{365}\right)$$

Donde:

$\delta$  = declinación solar en grados y minutos.

$n$  = Día del año (15 octubre, es del día  $n = 288$ , el día medido de radiación en ítem 3.2)

$$\delta = 23.45 \sin 360 \frac{284 + 288}{365}$$

$$\delta = 9,59^\circ$$

□ **Radiación total diaria W/m2 día.**

Determinamos la radiación total del día por unidad de área en superficie horizontal.

Donde:

$H'_0 = 5420 \text{ W-h/m}^2 \text{ día}$  (de medición realizada)

$H' = 2500 \text{ W-h/m}^2$  (según manual térmico para energías solares)

$$k_T = \frac{H'}{H'_0}$$

Donde:

$k_T$ : es las relaciones entre las radiaciones totales diarias y las radiaciones extraterrestres diarias.

$H'$ : es las radiaciones totales diarias que caes sobre unas superficies horizontales ( $\text{W/m}^2$ ).

H'0: es las radiaciones extraterrestres diarias sobre unas superficies horizontales (W/m<sup>2</sup>).

$$k_T = \frac{H}{H'_0}$$

$$k_T = \frac{2500}{5420}$$

$$k_T = 0,92$$

□ **Radiación difusa.**

Se determina el nivel de las radiaciones difusas diarias que se encuentran 1m<sup>2</sup> de superficie horizontal.

$$f(k_T) = 1,3903 - 4,0273 k_T + 5,5315 k_T^2 - 3,1080 k_T^3 \dots\dots\dots (5)$$

Donde:

k<sub>T</sub> Relaciones entre las radiaciones totales diarias y las radiaciones extraterrestres diarias.

$$f(k_T) = 1,3903 - 4,0273 (0,92) + 5,5315 (0,92)^2 - 3,1080 (0,92)^3$$

$$f(k_T) = 0.074$$

Calculamos el valor de las radiaciones difusas diarias que caes sobre las superficies horizontales (H'd)

$$H'_d = f(k_T) H' \dots\dots\dots (6)$$

Donde:

H': en las la radiaciones totales diarias que caen sobre unas superficies horizontales (W/m<sup>2</sup>).

H'd: las radiaciones difusas diarias que caen sobre unas superficies horizontales (W/m<sup>2</sup>)

$$H'_d = f(k_T) H$$

$$H'_d = 0.074 \times 5000$$

$$H'_d = 370 \frac{W}{m^2 \text{ día}}$$

$$K = H/H' \dots\dots\dots(7)$$

$$K = 546,96/5000$$

$$K = 0,11$$

- Las radiaciones difusas por unidades de áreas en unas superficies horizontales para cada hora del día:

$$H_d = 370 \text{ W /m}^2\text{día}$$

$$H_d = K_d H'_d \dots\dots\dots (8)$$

$H_d$ : es las radiaciones difusas que caen sobre unas superficies horizontales.

$K_d$ : es las relaciones entre radiaciones difusas horarias y las radiaciones difusas diarias.

$H'_d$ : es las radiaciones difusas que caen sobre unas superficies horizontales ( $W/m^2$ )

$$H_d = 48\% \times H$$

$$H_d = 0,48 \times 546,96$$

$$H_d = 262,54 \frac{W}{m^2 h}$$

$$K_d = H_d / H'_d$$

$$K_d = 262,54/1695$$

$$K_d = 0,15$$

- Ángulos de incidencias de las radiaciones sobre el colector ( $\theta_T$ ) en grados:

$$\phi = -6.78^\circ$$

$$\beta = 15^\circ$$

$$\delta = 9,41^\circ$$

$$\cos \theta_T = \cos(\phi - \beta) \cos \delta \cos \omega + \sin(\phi + \beta) \sin \delta$$

Donde:

$\theta_T$  = Ángulos de incidencias de las radiaciones directas

$\delta$  = declinación solar en grado y minutos.

$\phi$  = Latitud del lugar

$\beta$  = Inclinación del colector

$\omega$  = ángulo horario

$$\cos \theta_T = \cos(-6,78 - 15) \cos 9,41 \times \cos 30 + \sin(-6,78 + 15) \sin 9,41$$

$$\cos \theta_T = 0,817$$

$$\theta_T = 35,24^\circ$$

- Es la relación entre las radiaciones directas sobre unas superficies inclinadas y las radiaciones sobre unas superficies horizontales.

Datos:

$$\theta_z = 33,99^\circ$$

$$\theta_T = 35,24^\circ$$

$$R_b = \cos \theta_T / \cos \theta_z$$

Donde:

$R_b$  = es la relación de las radiaciones directas sobre unas superficies inclinadas, sobre unas superficies horizontales

$\theta_z$  = es el ángulo de cenit de la radiación directa

$\theta_T$  = Angulo de incidencia de la radiación directa

$$R_b = 35,24 / 33,99$$

$$R_b = 1,04$$

- Valor de las radiaciones totales que llegan a los colectores a cada hora del día:

Valores:

$$\beta = 15^\circ$$

$\rho_T = 0,2$  (valor recomendado cuando no hay nieve en el suelo).

$$H_T = (H - H_d)R_b + \left[ \frac{H_d(1 + \cos \beta)}{2} \right] + \left[ \frac{H(1 - \cos \beta)\rho_T}{2} \right] \quad (12)$$

Donde:

$H_T$ : es las radiaciones totales horarias que llegan a las superficies de los colectores.

$H$ : es las radiaciones totales horarias que caen sobre unas superficies inclinadas ( $W/m^2 \cdot h$ )

$H_d$ : es las radiaciones difusas horarias que caen sobre unas superficies horizontales.

$R_b$ : es las relaciones entre las radiaciones directas sobre unas superficies inclinadas y las radiaciones sobre unas superficies horizontales.

$\beta$  = es las inclinaciones de los colectores.

$\rho_T$  = reflexividad de la tierra o suelo.

$$H_T = (546,96 - 262,54)1,04 + \left[ \frac{262,54(1 + \cos 15^\circ)}{2} \right] + \left[ \frac{546,96(1 - \cos 15^\circ)0,2}{2} \right]$$

$$H_T = 555,73 \frac{W}{m^2 \cdot h}$$

Determinamos el ángulo de refracción ( $\theta_r$ ) en grados:

Datos:

$$\theta_T = 35,24^\circ$$

$$n_{21} = 1.526$$

$$\theta_r = \sin^{-1} (\sin \theta_T / n_{21}) \dots \dots \dots (13)$$

$$\theta_r = \sin^{-1} (\sin 35,24 / 1,526)$$

$$\theta_r = 22,22^\circ$$

Determinamos las reflexividades de luces polarizadas en los planos de incidencias:

Datos:

$$\theta_T = 35,24^\circ$$

$$\theta_r = 22,22^\circ$$

$$\rho_s = \sin^2 (\theta_T - \theta_r) / \sin^2 (\theta_T + \theta_r)$$

$$\rho_s = \sin^2 (35,24 - 22,22) / \sin^2 (35,24 + 22,22)$$

$$\rho_s = 0,07$$

Determinamos la reflexividad de luz polarizada perpendicular al plano de Incidencia:

Datos:

$$\theta_T = 35,24^\circ$$

$$\theta_r = 22,22^\circ$$

$$\rho_p = \tan^2 (\theta_T - \theta_r) / \tan^2 (\theta_T + \theta_r)$$

$$\rho_p = \tan^2 (35,24 - 22,22) / \tan^2 (35,24 + 22,22)$$

$$\rho_p = 0,022$$

Determinamos la transmisividad por reflexión

Datos:

$$\rho_s = 0.07$$

$$\rho_p = 0.022$$

$$N=1$$

$$\tau_r = \frac{1 - \rho_s}{1 + \rho_s} - \frac{1 - \rho_p}{1 + \rho_p} \quad (16)$$

$$\tau_r = \frac{1 - 0,07}{1 + 0,07} - \frac{1 - 0,022}{1 + 0,022}$$

$$\tau_r = -0,044$$

Determinamos la transmisividad por absorción:  $\tau_a$

Datos:

$$K_a = 3.0 \text{ m}^{-1}$$

$$N=1$$

$$L = 0.004 \text{ mm.}$$

$$\tau_a = e^{-kaNL} / \cos \theta_r \quad \dots\dots(17)$$

$$\tau_a = e^{-3 \times 1 \times 0,004 / \cos 22,22}$$

$$\tau_a = 0,987$$

Determinamos la transmisividad solar ( $\tau$ ):

Datos:

$$\tau_a = 0,987$$

$$\tau_r = -0,044$$

$$\tau = \tau_r \cdot \tau_a$$

$$\tau = -0,044 \times 0,987$$

$$\tau = -0,0434$$

Determinamos el producto transmisividad-absorbencia ( $\tau\alpha$ ):

Datos:

$$\tau = -0,0434$$

$$\alpha = 0,95$$

$$\tau\alpha = \tau \cdot \alpha$$

Donde:

$\tau$  = Transmisividad solar total.

$\alpha$  = absorbencia del plato

$\rho_d$  = Reflexividad difusa = 0.158 (según tabla 9.12)

$$\tau\alpha = -0,0434 \left( \frac{0,95}{1 - (1 - 0,95) \cdot 0,158} \right)$$

$$\tau\alpha = -0,04156$$

Determinamos el valor efectivo del producto transmisividad-absorbencia ( $\tau\alpha$ )<sub>e</sub>:

Datos:

$$\tau\alpha = -0,04156$$

$$\tau_a = 0,987$$

$$(\tau\alpha)_e = \tau\alpha + 0.27(1 - \tau_a)$$

Dónde:

$\tau\alpha$  = producto transmisividad absorbencia

$\tau_a$  = Transmisividad por absorción

$$(\tau\alpha)_e = -0,04156 + 0.27(1 - 0,987)$$

$$(\tau\alpha)_e = -0,038$$

Determinamos las energías solares totales absorbidas por los colectores en cada hora.

$$a = 0,02$$

$$b = 0,03$$

$$H_T = 555,73 \text{ W/m}^2 \cdot \text{h}$$

$$(\tau\alpha)_e = -0,038$$

$$S = H_T(\tau\alpha)_e(1 - a)(1 - b)$$

Dónde:

a = Efectos del polvo sobre las cubiertas

b = Efecto, la sombra debido al colector

$H_T$  = Radiación total horaria sobre una superficie inclinada

$(\tau\alpha)_e$  = Producto transmisividad absorbencia

$$S = 555,73(-0,038)(1 - 0,02)(1 - 0,03)$$

$$S = -20,07 \text{ W/m}^2 \cdot \text{h}$$

Determinamos los coeficientes de las transferencias de calor entre las cubiertas y el medio ambiente.

Datos:

$$w = 5,78 \text{ m/s}$$

$$h_w = 4,9 + 3,27 w$$

Donde:

w = velocidad del viento

$$h_w = 4,9 + 3,27 (5,78)$$

$$h_w = 23,80 \text{ W/m}^2 \cdot \text{h}$$

Determinamos  $f$ :

Datos:

$$h_w = 23,80 \text{ W/m}^2 \cdot \text{h}$$

$$\varepsilon_p = 0,95$$

$$N = 1$$

$$f = (1 + 0,089 h_w - 0,1166 h_w \varepsilon_p (1 + 0,07866 N))$$

Donde:

$h_w$  = Coeficientes de las transferencias del calor entre las cubiertas superiores, el medio ambiente.

$\varepsilon_p$  = Emisividad del plato de absorción

$N$  = Numero de planchas de vidrio

$$f = (1 + 0,089 (23,80) - 0,1166 (23,80) (0,95) [(1 + 0,07866 (1))])$$

$$f = 0,52$$

Determinamos  $C$ :

Datos:

$$\beta = 15^\circ$$

$$C = 520(1 - 0,000051 \beta^2)$$

Donde:

$\beta$  = Inclinación del colector

$$C = 520(1 - 0,000051 \times 15^2)$$

$$C = 514,033$$

$$C = 514,033$$

Determinamos  $e$ :

Datos:

$$T_{pm} = 358 \text{ K (85}^\circ\text{C)}$$

$$e = 0,43(1 - \frac{100}{T_{pm}})$$

Donde:

$T_p$  = Temperatura media del plato de absorción:

$$e = 0,43(1 - \frac{100}{358})$$

$$e = 0,31$$

$$\begin{aligned}
U_T &= 0,86 \frac{1}{\left\{ \frac{514,033 \cdot 323 - 295}{358} \left[ \frac{1}{(1 + 0,52)} \right] \right\} \cdot 23,80} \\
&+ \frac{5,67 \times 10^{-8} (358 + 297)(323^2 + 295^2)}{(0,95 + 0,00591 \times 1 \times 23,80)^{-1} + \frac{2 \times 1 + 0,52 - 1 + 0,133 \times 0,95}{0,88} - 1}
\end{aligned}$$

$$UT = 7,7557 \text{ W / m}^2 \cdot \text{K}$$

El valor del coeficiente de la transmisión del calor que hay en el aire que circular internamente de la cabina y colector solar.

### 3.5 Elaborar una evaluación económica, utilizando indicadores económicos, tales como: VAN, TIR y Relación Beneficio – Costo.

- Inversión del Proyecto.

Tabla 13. Cálculo de cantidades por estructuras

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario S/	Precio Total S/
1	Estructura de cabina	Unidad	1	450	450
2	Colector Solar	Unidad	2	670	1340
3	Ventilador 1 HP	Unidad	1	220	220
4	Cubierta cabina Fibra de vidrio	unidad	1	670	670
5	Mano de obra	Unidad	1	1200	1200
6	Otros	Unidad	1	300	300
	Total				4180

Fuente: Autoría propia

□ **Ingresos y egresos Económicos del Proyecto.**

Los ingresos para su proyecto, analizan la función a la calidad del servicio, es decir con el sistema de pintado al aire libre, los procesos tenían en promedio 3 días desde el ingreso hasta la fecha de entrega del producto terminado, con el secador solar, el tiempo de entrega será de 2 días. El servicio tendrá el mismo costo, sin embargo, a la empresa incrementa la capacidad de los servicios ofertados, es decir al disminuir de 3 a 2 días del servicio, se incrementa los servicios ofertados en 33%. Y teniendo en cuenta otros aspectos como es el alquiler de local, mano de obra, entre otros, el incremento de ingreso se estima en 10%. El promedio de ingreso económico de la empresa es de 7500 soles al mes, el incremento de 10% es de  $0.10 \times 7500 = 750$  Soles al mes, los cuales representan el ingreso del proyecto.

Los egresos que representan los costos de mantenimiento que es el 1 % mensual de la inversión inicial, es decir  $0.01 \times 4180 = 41.8$  Soles al mes

□ **Flujo de Caja.**

Tabla 14. Flujo caja por meses

	Meses												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Inversión Inicial S/	4180												
Ingresos S/		750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750
Egresos (Mantenimiento) S/		41.8	41.8	41.8	41.8	41.8	41.8	41.8	41.8	41.8	41.8	41.8	41.8
Utilidad S/	- 4180	708.2	708.2	708.2	708.2	708.2	708.2	708.2	708.2	708.2	708.2	708.2	708.2

Fuente: Autoría propia

Se establece una caja para el proyecto, por 12 meses al ser un proyecto de corto plazo.

□ **Análisis de indicadores económicos.**

□ **Valor neto actual**

El valor para ingresar y egreso mensual, comenzando desde el primero de enero, fue el inicio de la investigación, bajo interés de 1.5% mensual, siendo una tasa del sector privado. la tasa será para el proyecto de inversión a plazo.

Utilidades actualizadas en tiempos 0:

$$I_a = \frac{I_n * [(1 + i)^n - 1]}{i * (1 + i)^n}$$

Dónde

Ia: es las utilidades actualizadas al mes 0.

Ia: es las utilidades Mensuales (Ingreso – Egreso):

i: es la tasa de interés 1.5 % mensual

n: es los números 12 de mes

Tabla 15. Valores anunciados del VNA, del Software Microsoft Excel:

		Meses						
		0	1	2	10	11	12	
	Inicio de la inversión S/	4180						
	Ingreso S/		750	750	750	750	750	
	Egresos (Mantenimiento) S/		41.8	41.8	41.8	41.8	41.8	VNA (0.015, F11:Q11)
	Utilidad S/	-4180	708.2	708.2	708.2	708.2	708.2	S/. 7,724.70

Fuente: Elaboración propia

□ **Cálculo del Valor Actual Neto**

Obtendremos Ia = S/. 5806.94

Obtenemos valores actuales netos entre las diferencias de utilidades actualizadas de la investigación (Ia) sus valores de inversiones: 7724.7 - 4180 - =. S/. 3544.7

□ **Tasa Interna de Retorno**

Obtenemos esta tasación de regresó, se resuelve permitiendo la actualización del ingreso actual para determinar el valor de inicio de la tesis

$$Inv = \frac{a * [(1 + TIR)^n - 1]}{TIR * (1 + TIR)^n}$$

Tenemos:

Inv. es la inversión inicial S/. 4180

la: son las utilidades del mes

TIR: es la tasa interna de retorno.

n; son los números del mese 12

Tabla 16. Cálculo del TIR

	Meses						
	0	1	2	10	11	12	
Inicio de la inversión S/	4180						
Ingreso por mes S/		750	750	750	750	750	
Egresos (Mantenimiento) S/		41.8	41.8	41.8	41.8	41.8	
							TIR (E11:Q11)
Utilidad S/	-4180	708.2	708.2	708.2	708.2	708.2	13.06%

Fuente: Autoría propia

Sustituyendo los datos por medio del método de aproximación como medio se utilizará el software Microsoft Excel, obtenemos el valor de la tasa interna de retorno este será de 13.06% al mes, representando un dato mayor a la tasación del interés del mes de 1.5% mensual, lo cual hace posible la ejecución del proyecto.

#### IV. DISCUSIÓN

- Los procesos de secado al aire libre, están sometidos a las inclemencias del medio, es decir cambios de humedad relativa, precipitación fluvial, restos sólidos de polvo y demás sustancias que se impregnan en la pintura, lo que hace que sea un proceso con muchas deficiencias.
  
- El servicio de pintado en el interior de la cabina, no solo garantiza el secado dentro del tiempo determinado, sino también la pintura no adhiere otros elementos sólidos y líquidos, que finalmente tendrá un servicio de mal acabado, con cambios inclusive en la tonalidad de la pintura.
  
- EL nivel de radiación superior a 5 KW-h/m<sup>2</sup>, es captado por el colector solar de placas planas, el cual tiene un elemento transparente que el vidrio y un elemento absorbedor, como es el aluminio, y la cantidad de calor estará en función al área del colector y al nivel de radiación.

## V. CONCLUSIONES

- El número de horas de secado es el principal inconveniente en la continuidad del proceso de planchado y pintura, los tiempos promedio de cada servicio varía en función al mes, notándose que a medida que se acerca a los meses de verano (Diciembre – Marzo), los tiempos disminuyen, debido al incremento de la temperatura exterior que oscila entre los 28 a 34°C.
  
- Las mediciones del nivel de luminosidad, fue realizado por la medición mediante un protocolo previamente determinado, y mediante el análisis estadístico probabilístico de Weibull, se determinó que la mayor probabilidad de ocurrencia de radiación es de 5.42 Watt-h/m<sup>2</sup>.
  
- Se hizo el análisis de la cantidad necesaria de calor que se requiere para el pintado, el cual fue de 711.98 Watt, y se determinó el análisis térmico en el colector solar de placa plana, el cual tiene un coeficiente de transferencia de calor de 7,7557 W / m<sup>2</sup>.K.
  
- Se hizo el análisis económico, con un valor de VAN de S/. 3544.7 y un valor de TIR de 13.06%, indicadores que hacen posible la realización del proyecto.

## VI. RECOMENDACIONES

- La capacitación en los procesos de pintado y secado, para el personal que realiza dicha función, debe realizarse por lo menos 4 veces al año, en el cual se tenga información actualizada acerca de dichos procesos, así como también conocimientos de los aspectos inherentes a la pintura de uso automotriz.
- Los costos de energía eléctrica por el uso de la energía si bien es cierto está reglamentado dentro de un pliego tarifario, su valor es muy bajo con respecto al pliego tarifario con energía convencional.
- Se recomienda establecer medidas de control de calidad del pintado, que establezca no solamente la calidad del pintado, sino también un seguimiento a la unidad cada vez que se realice el mantenimiento preventivo, para determinar el tiempo en el cual la pintura conserva su calidad en la carrocería del vehículo.

## REFERENCIAS

- CESVI, E. El clima y su implicancia en el proceso de pintado. Cali, Colombia, 2016, 34pp.
- GARCIA, R. La calidad del pintado en el proceso productivo. Lima, Perú, 2016, 32pp.
- LOCTITE. Normativa para el pintado del vehículo. Lima, Perú, 2018, 8pp.
- Rivera, E. Manual De Diseño Y Construcción De Una Cabina-Horno Para El Pintado De Vehículos Livianos En La Ciudad De Loja, Loja, Ecuador, 2014, 99pp.
- Pinto, T. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CABINA DE PINTURA AUTOMOTRIZ QUE FUNCIONE CON ENERGÍA SOLAR. Escuela Politécnico del Ejército del Ecuador, 2011, 88pp.
- (Bustamante, J. DISEÑO DE UN QUEMADOR DE HORNO USANDO CELDAS PELTIER PARA DISMINUIR COSTOS OPERATIVOS EN INTERAMERICANA NORTE SAC. Universidad César Vallejo, 2018, 79pp.
- Gonzales Benavides, Teofilo Napoleon. *Diseño de una cabina de lacado y horno de secado para 8 carrocerías por hora, de longitud máxima de 5000 mm. y peso de 500 kg.* Ecuador : s.n., 2006.
- FAYRES. Principios Termodinámicos . 2014, 345pp.
- Mott, R. Mecánica de fluidos aplicada. Cuarta edición. 1996.
- Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J., Grote, K.-H. Engineering Design A Systematic Approach. 2007.
- Pontigo, L. Rediseño y construcción de un termo-estimulador. 2011. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/315317744/Redisenoy-Construccion-de-Un-Termo-estimulado>

## ANEXOS

**Anexo N° 01:** Guía de observación de secado de pintura.

	Tesis: “DISEÑO DE UNA CABINA DE SECADO DE PINTURA CON ENERGÍA SOLAR PARA MEJORAR EL SERVICIO AUTOMOTRIZ, CARMAS SAC CHICLAYO, 2019”
	GUÍA DE OBSERVACIÓN DE SECADO DE PINTURA

Instrucciones:

Realizar las mediciones, de acuerdo a lo especificado, para lo cual, la unidad debe estar en buenas condiciones.

Medir tres veces y obtener la lectura promedio

Día	Hora	Nivel de Radiación Solar (KW-H/m <sup>2</sup> )				
		Primera Medición	Segunda Medición	Tercera Medición	Cuarta Medición	Promedio
Fecha de Medición	09.00-09.30	4.3	4.4	4.4	4.4	4.37
	09.30-10.00	4.4	4.5	4.5	4.5	4.47
	10.00-10.30	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
	10.30-11.00	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
	11.00-11.30	4.5	4.6	4.6	4.6	4.57
	11.30-12.00	4.7	4.7	4.7	4.8	4.72
	12.00 - 12.30	5.2	5.2	5.3	5.3	5.25
	12.30-13.00	5.3	5.4	5.4	5.4	5.37
	13.00-13.30	5.4	5.4	5.4	5.5	5.42
	13.30-14.00	5.5	5.5	5.5	5.6	5.52
	14.00-14.30	5.5	5.5	5.6	5.6	5.55
	14.30-15.00	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6
	15.00 - 15.30	5.4	5.5	5.4	5.4	5.42
	15.30-16.00	5.4	5.4	5.4	5.2	5.35
	16.00-16.30	4.6	4.6	4.5	4.5	4.57
	16.30-17.00	4.4	4.2	4.2	4.2	4.22

### INDICACIONES AL EXPERTO.

En la tabla siguiente, se propone una escala del 1 al 5, que va en orden ascendente del desconocimiento al conocimiento profundo. Marque con una "X" conforme considere su conocimiento sobre el tema de la tesis evaluada.

1 Ninguno	2 Poco	3 Regular	4 Alto	5 Muy alto
--------------	-----------	--------------	-----------	---------------

1. Sírvase marcar con una "X" las fuentes que considere han influenciado en su conocimiento sobre el tema, en un grado alto, medio o bajo.

FUENTES DE ARGUMENTACIÓN	GRADO DE INFLUENCIA DE CADA UNA DE LAS FUENTES EN SUS CRITERIOS		
	A (ALTO)	M (MEDIO)	B (BAJO)
a) Análisis teóricos realizados. (AT)	X		
b) Experiencia como profesional. (EP)	X		
c) Trabajos estudiados de autores nacionales. (AN)		X	
d) Trabajos estudiados de autores extranjeros. (AE)	X		
e) Conocimientos personales sobre el estado del problema de investigación. (CP)	X		

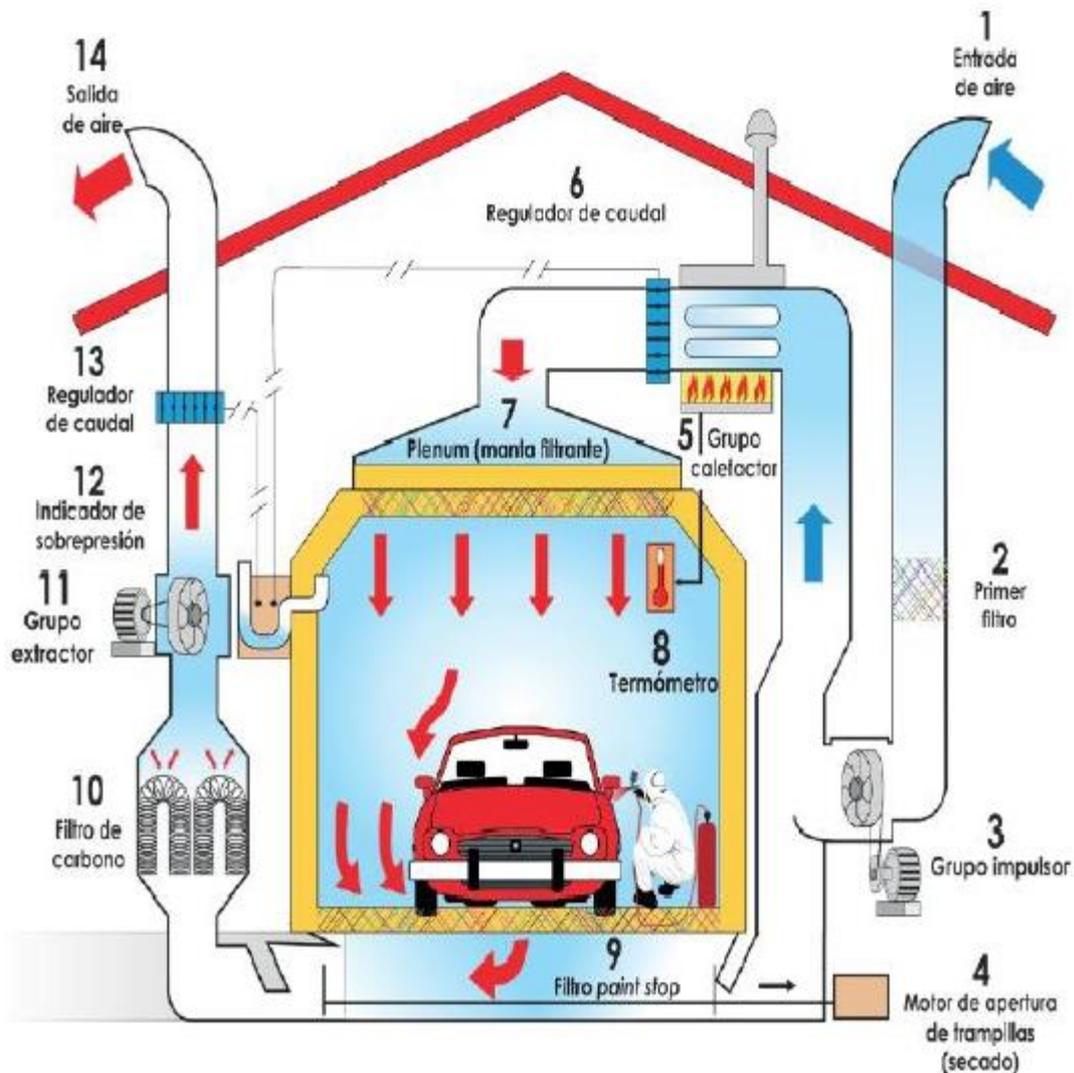
*Firma del entrevistado*

*Pedro Demetrio Reyes Tassara*



INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA  
CIP. 88259

## Anexo N° 02: Principios de funcionamiento y elementos más importantes de una cabina de pintura



Principios de funcionamiento y elementos más importantes de una cabina de pintura

Por definición teórica y práctica, una cabina de pintura es un recinto completamente cerrado y estanco con una sobre presión por el que circula aire caliente a una velocidad adecuada para poder pintar y secar en el menor tiempo posible la pintura aplicada en un vehículo. La cabina de pintura está compuesta del propio recinto de pintado y del grupo generador, con impulsor/quemador de aire caliente, filtros y controladores electrónicos.

## Declaratoria de Originalidad del Autor/ Autores

Yo, *Putazca Sánchez Segundo Francisco*, egresado de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo Chiclayo, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan a Tesis titulado:

„ *Diseño de una cabina de secado de Pintura con energía solar para mejorar el servicio automotriz, carmas sac Chiclayo, 2019* „

es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He (Hemos) mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo (asumimos) la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha, *Chiclayo 2 de octubre de* 2020

Apellidos y Nombres del Autor Parterno Materno, Nombre1 Nombre2 <i>Putazca Sánchez Segundo Francisco</i>	
DNI: <i>46255756</i>	Firma 
ORCID: <i>0000-0002-2193-4676</i>	