



# **TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AUTOMOTRÍZ**

**AUTORES:**

**GARCÉS ESPINOZA CRISTIAN OMAR  
CEVALLOS MIÑO JUAN FRANCISCO**

**TEMA:**

**ANÁLISIS DE LA FALLA ESTRUCTURAL DEL CHASIS  
DE UN MONOPLAZA TIPO KART MEDIANTE ENSAYOS  
NO DESTRUCTIVOS**

**DIRECTOR:**

**ING. MAURICIO CRUZ**



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# Descripción resumida del proyecto

El proyecto a desarrollar consiste en la elección de un modelo de bastidor tipo kart reglamentado por la CIK( Comisión Internacional de Karting ) para fabricarlo con material ecuatoriano que cumpla características similares en cuanto a estructura molecular, para posteriormente analizar los puntos susceptibles a falla mecánica en los cuales se aplicaran diversos ensayos no destructivos para determinar si el diseño es factible con el material escogido y asegura que el vehículo pueda desenvolverse en pista.

# El Problema

La CIK-FIA , otorga las dimensiones establecidas para la construcción de un bastidor en cuanto a longitud y espesor de tubería, sin embargo existe una variación de características entre el material patentado (Cromo-Molibdeno), con el de nuestro país, por lo que se necesita verificar que la normativa tenga validez para el acero nacional, de ahí se plantea el uso de ensayos mecánicos.



# OBJETIVO GENERAL



*Analizar la estructura de un bastidor monoplaza tipo kart para detectar puntos críticos en la estructura.*

# OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Consultar información bibliográfica y datos técnicos que permitan un conocimiento adecuado de los materiales.
- Analizar la parte más susceptible a fallas en el bastidor.
- Realizar un conjunto de ensayos no destructivos para validar la seguridad y establecer un control de calidad en el material y la soldadura, que comprende los siguientes:
  - Inspección visual
  - Medición de espesores por ultrasonido
  - Inspección por líquidos penetrantes
  - Análisis de vibraciones
- Identificar las causas posibles de falla mediante los resultados de los ensayos no destructivos.
- Desarrollar el protocolo de pruebas para la estimación del desarrollo del bastidor monoplaza tipo kart.
- Tabular los datos obtenidos para generar un registro comparativo de ensayos



# INTRODUCCIÓN

Se conoce como Karting a la disciplina de automovilismo, cuya modalidad por excelencia forma los pilotos más aclamados en el mundo automovilístico, la cual se practica con prototipos estructurales que son impulsados por un motor de combustión interna a gasolina, sobre una pista plana de asfalto cuyas dimensiones varían entre 600 y 1700 metros de longitud, y un ancho de 8 a 15 metros.



## karting



# Go-Kart

Go-Kart es el nombre que denomina al vehículo monoplaza que no tiene techo, el cual carece de sistema de suspensión y en ocasiones también de elementos de carrocería, tiene cuatro ruedas que mantienen contacto con el piso de la pista.



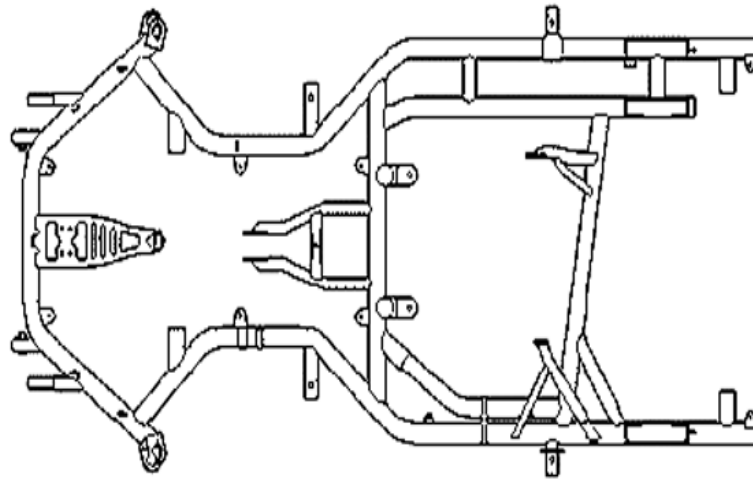
Monoplaza Tony Kart

## Partes principales

- Bastidor
- Motor
- neumáticos

# Bastidor

Estructura principal o esqueleto base , está formado por tubos cilíndricos de aleaciones de acero unidos por medio de soldadura, cuyas medidas varían entre 30 y 32 milímetros de diámetro, ya que sus prestaciones ofrecen gran flexibilidad y la resistencia suficiente para soportar los esfuerzos de torsión que se generan en el vehículo al no poseer sistema de suspensión.



Bastidor de go-kart



# Normativa para el diseño.

- El INEN, establece la garantía que debe tener cualquier producto que fuera construido en el país bajo la producción de normativas de control. Consideración que ha sido tomada para el proyecto de investigación con los siguientes argumentos:



-En el país no existe una normativa vigente que establezca un control para la construcción de bastidores de uso automotriz.

-Carencia de normas internacional de diseño de bastidores monoplaza tipo Kart.

Se determinó que la norma NTE INEN 1323 es la apropiada para el desarrollo de la investigación por las cargas de diseño que deben ser calculadas y aplicadas en el modelado de la estructura.

# Criterios de Diseño

Los criterios de diseño nos dan la pauta para predecir la resistencia o deformación de un elemento de máquina, de manera que pueda soportar las cargas impuestas durante el tiempo que se requiera.

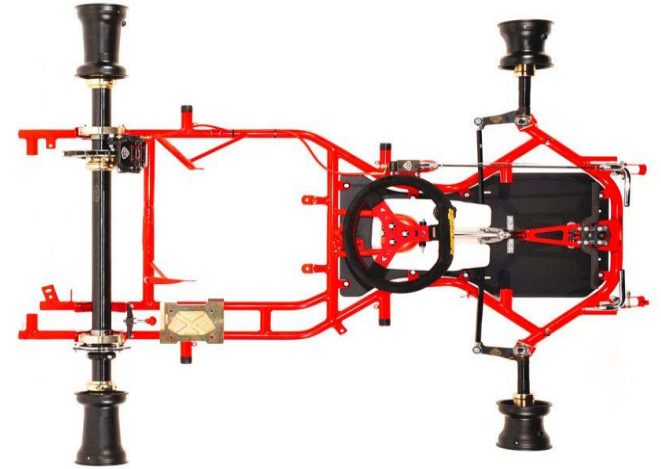
	ASTM-A36	Cromo-Molibdeno
<b>Propiedades Mecánicas</b>		
<b>Esfuerzo Fluencia</b> (Kg/mm <sup>2</sup> )	25.5	60-74
<b>Esfuerzo Tracción</b> (Kg/mm <sup>2</sup> )	40.8	95-105
<b>Elongación %</b>	20	10-18
<b>Composición Química</b>		
%C	<= 0.26	0.38-0.43
% Mn	0.80-1.20	0.75-1
%Si	<= 0.40	0.15-0.35
%P	<= 0.04	<= 0.035
%S	<= 0.05	<= 0.04
%Cr	-	0.8-1.10
%Mo	-	0.15-0.25

- ✓ FACTOR DE SEGURIDAD
- ✓ ESFUERZOS PERMISIBLES
- ✓ PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MATERIALES

## Diseño del bastidor

Reglamento Técnico del Karting:

- Cilindrada del motor de 100 a 250cc
- Distancia entre ejes de 1010 a 1270mm
- Ancho mínimo  $\frac{2}{3}$  de la distancia entre ejes
- Longitud máxima 1820mm
- Ancho máximo 1040mm
- Altura máxima 600mm



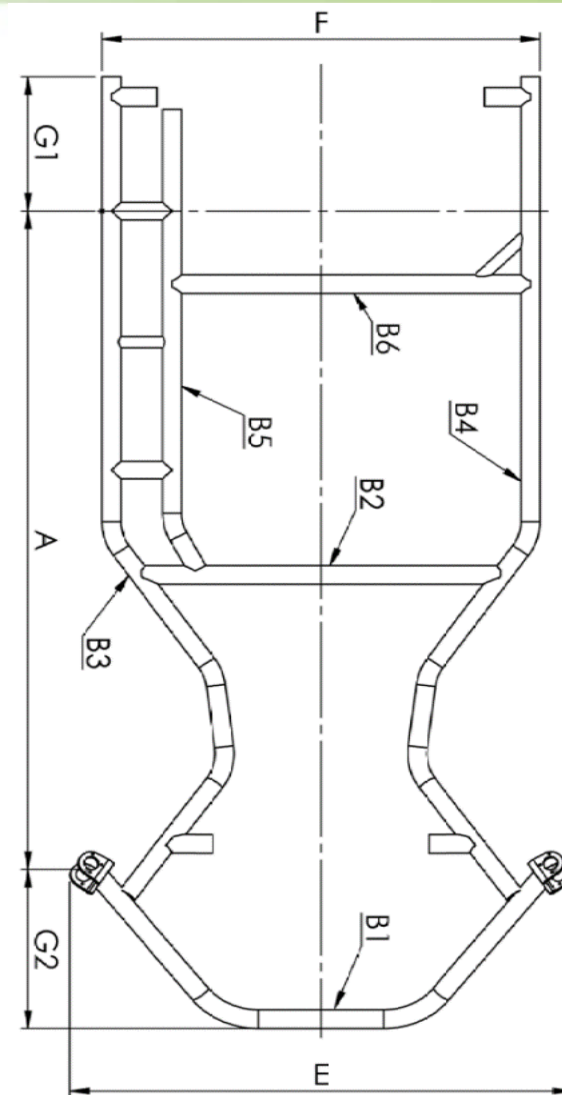
# Diseño del bastidor

En el reglamento se establecen las siguientes exigencias:

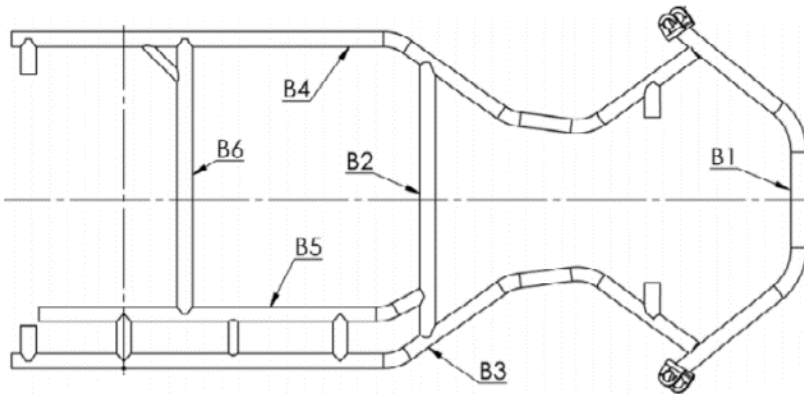
- Chasis de construcción tubular de sección cilíndrica de acero.
- Estructuras monolíticas para las piezas soldadas no desmontables, sin conexiones (móviles dentro de 1, 2 o 3 ejes).
- Flexibilidad del chasis correspondientes a los límites de elasticidad de la construcción tubular.
- Todo dispositivo de amortiguación hidráulica o neumático contra las oscilaciones está prohibido.
- El eje posterior ha de tener un diámetro exterior máximo de 50mm y un espesor de pared mínima en todo el tubo de 1.9mm

## DIMENSIONES

Marco	Datos	Tolerancias
A = Mediciones fijas de la base	1050	+/- 10mm
B = Tubos principales	(28,30,32)	+/- 5mm
C = Número de curvas	9	----
D = Número de tubos	6	----
E = Ancho del frente exterior	740	+/- 10mm
F = Ancho posterior exterior	645	+/- 10mm
G <sub>1</sub> = Voladizo posterior para el tubo principal	210	+/- 15mm
G <sub>2</sub> = Voladizo delantero para el tubo principal	260	+/- 10mm

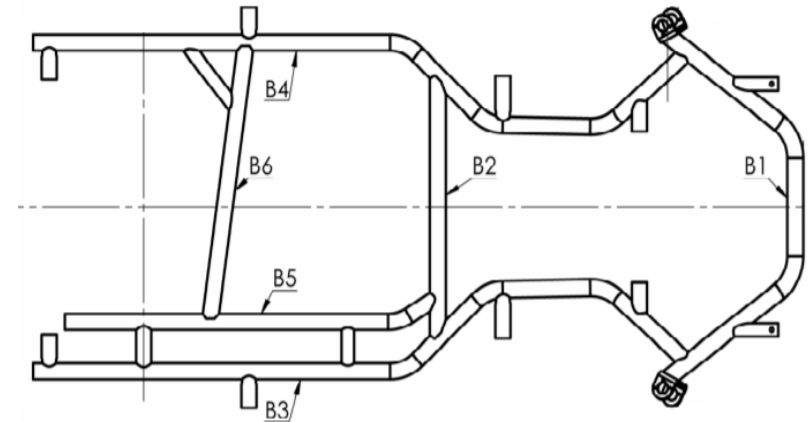


# Selección de alternativas



**RS12**  
8kg

B1:30mm  
B2:30mm  
B3:28mm  
B4:28mm  
B5:28mm  
B6:30mm

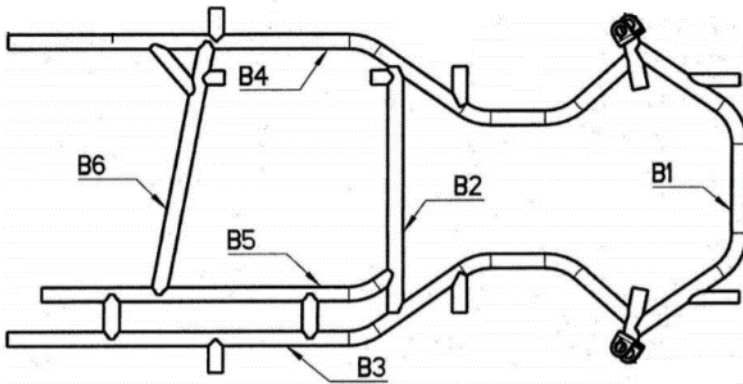


**MK4**  
10kg

B1:32mm  
B2:32mm  
B3:30mm  
B4:30mm  
B5:30mm  
B6:28mm

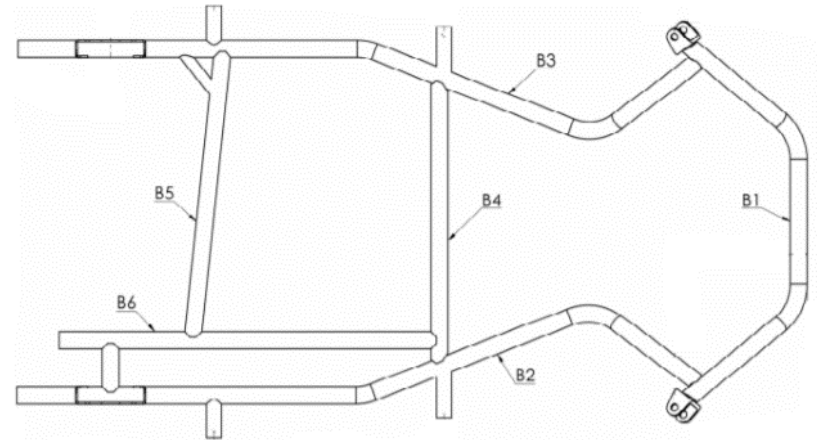


# Selección de alternativas



**RS7**  
10kg

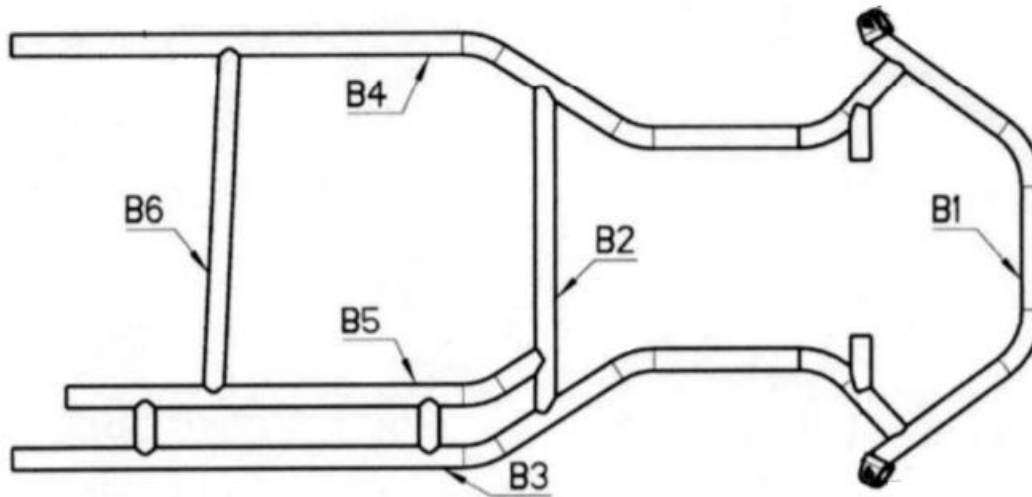
B1:32mm  
B2:32mm  
B3:30mm  
B4:30mm  
B5:30mm  
B6:32mm



**MK1**  
10kg

B1:32mm  
B2:32mm  
B3:30mm  
B4:30mm  
B5:30mm  
B6:32mm

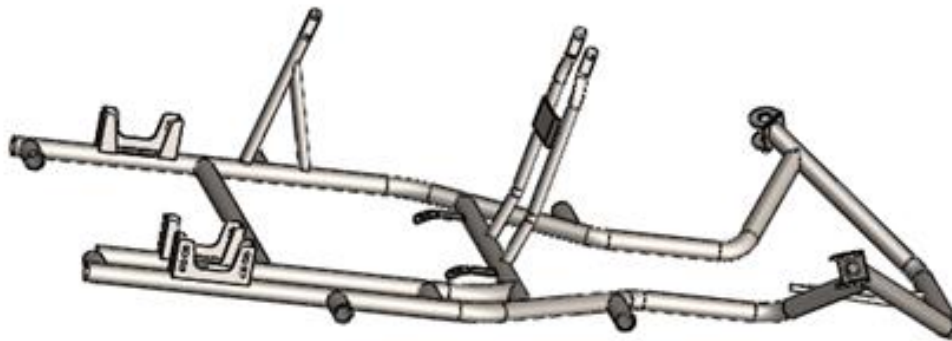
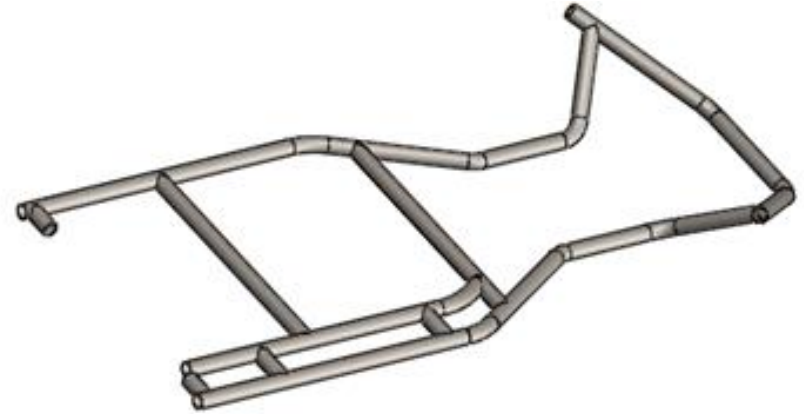
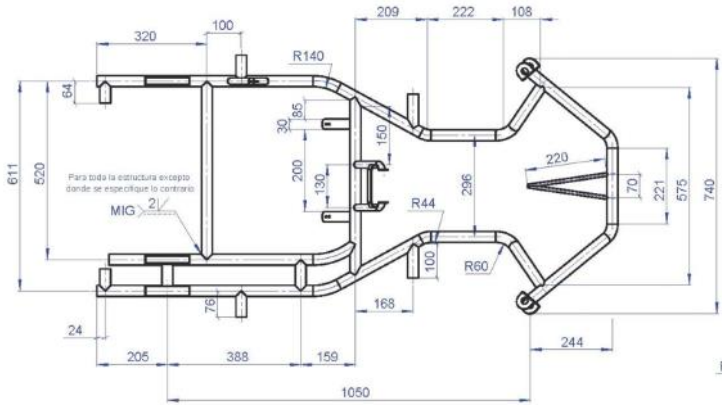
# Selección de alternativas



B1:32mm  
B2:32mm  
B3:30mm  
B4:30mm  
B5:30mm  
B6:32mm

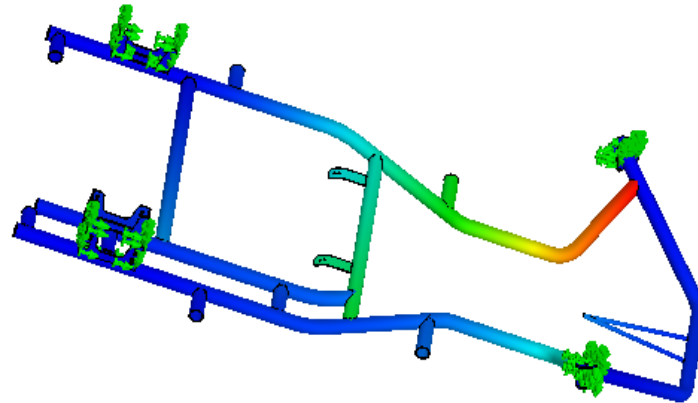
RS10  
9,5kg

# Modelado



# Cálculos

Normativa ecuatoriana usada para vehículos automotores, carrocerías de buses, en base a la determinación de cargas y al método de combinaciones que permiten establecer la resistencia o deformación de una estructura vehicular.



## *Norma 1323*

# Cálculo de cargas

Carga muerta (M)

- $M =$  Carga muerta (N)
- $Mt =$  Peso generado por los materiales (kg)
- $g =$  gravedad ( $m/s^2$ )

$$M = Mt * g$$

$$M = 58.8 \text{Kg} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$M = 576.24 \text{ N}$$

# Cálculo de cargas

Carga viva (V)

- $V =$  Carga viva (N)
- $V_t =$  Peso generado por las personas (kg)
- $g =$  gravedad ( $m/s^2$ )

$$V = V_t * g$$

$$V = 79 \text{ Kg} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$V = 774.2 \text{ N}$$



# Cálculo de cargas

Carga de frenado (F)

- F = Carga de frenado (N)
- Mt = Peso generado por los materiales (kg)
- a = Desaceleración de frenado ( $m/s^2$ )

$$F = Mt * a$$

$$F = 58.8 \text{ Kg} \times 4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F = 235.2 \text{ N}$$

# Cálculo de cargas

## Carga de aceleración brusca ( $A_b$ )

- $A_b$  = Carga de Aceleración Brusca (N)
- $M_t$  = Peso generado por los materiales (kg)
- $a$  = Aceleración ( $m/s^2$ )

$$A_b = M_t * (-a)$$

$$A_b = 58.8 \text{ Kg} * \left(-4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)$$

$$A_b = -235.2 \text{ N}$$

# Cálculo de cargas

Carga de giro (G)

- G = Carga de giro (N)
- Mt = Peso generado por los materiales (kg)
- Vt = Peso generado por el ocupante (kg)
- v = Velocidad del vehículo ( $m/s$ )
- r = Radio de curvatura (m)

$$G = (Mt + Vt) * \frac{v^2}{r}$$
$$G = (58.8+79)Kg * \frac{(25 m/s)^2}{350 m}$$
$$G = 246.07 N$$

# Cálculo de cargas

Carga de resistencia al aire frontal (Raf)

- Raf = Carga de resistencia al aire frontal (N)
- Cx = Coeficiente de resistencia aerodinámica (N)
- $\rho$  = Densidad del aire ( $kg/m^3$ )
- Af = Área correspondiente a la proyección ( $m^2$ )
- v = Velocidad ( $m/s$ )

$$Raf = \frac{C_x * \rho * Af * V^2}{2}$$
$$Raf = \frac{0.7 * 1.225 \frac{Kg}{m^3} * 0.18056 m^2 * (25 m/s)^2}{2}$$
$$Raf = 48.3844N$$

# Combinaciones

En base a las cargas determinadas y señaladas anteriormente y según el método LRFD (Load Resistance Factor Design), establecido por la Norma, recomienda que las estructuras de carrocería deben ser de tal manera que resistan las combinaciones básicas señaladas a continuación:

- ❖  $1,4 M + V$
- ❖  $1,2 M + 1,6 V + 0,5 G$
- ❖  $1,2 M + 0,5 G + 1,6 G$
- ❖  $1,2 M + 1,6 F + 0,8 Raf$
- ❖  $1,2 M + 0,5 V + 0,5 F + 1,3 Raf$
- ❖  $1.2 M + 1.5 Ab + 0.5 V$
- ❖  $0.9 M - 1.3 Raf$
- ❖  $0.9 M + 1.3 Raf$

# Análisis de simulación

N.º	Combinación	Resultado
1	1.4 M + V	Tensiones: 1.27 e+07 (N/m <sup>2</sup> ). Desplazamiento: 1.307 mm Factor de Seguridad (FDS): 3
2	1.2 M + 1.6 V + 0.5 G	Tensiones: 1.56 e+07 (N/m <sup>2</sup> ). Desplazamiento: 1.74 mm Factor de Seguridad (FDS): 2.2
3	1.2 M + 0.5 V + 1.6 G	Tensiones: 1.605 e+07 (N/m <sup>2</sup> ). Desplazamiento: 1.92 mm Factor de Seguridad (FDS): 3.4
4	1.2 M + 1.6 F + 0.8 Raf	Tensiones: 1.21 e+07 (N/m <sup>2</sup> ). Desplazamiento: 0.695 mm Factor de Seguridad (FDS): 4.8
5	1.2 M + 0.5 V + 0.5 F + 1.3 Raf	Tensiones: 1.46 e+07 (N/m <sup>2</sup> ). Desplazamiento: 0.884 mm Factor de Seguridad (FDS): 3.9
6	1.2 M + 1.5 Ab + 0.5 V	Tensiones: 9.520 e+06 (N/m <sup>2</sup> ). Desplazamiento: 0.854 mm Factor de Seguridad (FDS): 4
7	0.9 M - 1.3 Raf	Tensiones: 8.773 e+06 (N/m <sup>2</sup> ). Desplazamiento: 0.439 mm Factor de Seguridad (FDS): 6.7
8	0.9 M + 1.3 Raf	Tensiones: 8.785 e+06 (N/m <sup>2</sup> ). Desplazamiento: 0.434 mm Factor de Seguridad (FDS): 6.9



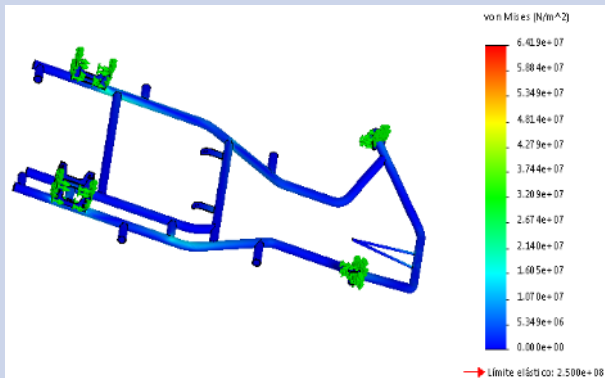
N.º	Combinación	Resultado
1	$1.4 M + V$	Factor de Seguridad (FDS): 3
2	$1.2 M + 1.6 V + 0.5 G$	Factor de Seguridad (FDS): 2.2
3	$1.2 M + 0.5 V + 1.6 G$	Factor de Seguridad (FDS): 3.4
4	$1.2 M + 1.6 F + 0.8 Raf$	Factor de Seguridad (FDS): 4.8
5	$1.2 M + 0.5 V + 0.5 F + 1.3 Raf$	Factor de Seguridad (FDS): 3.9
6	$1.2 M + 1.5 Ab + 0.5 V$	Factor de Seguridad (FDS): 4
7	$0.9 M - 1.3 Raf$	Factor de Seguridad (FDS): 6.7
8	$0.9 M + 1.3 Raf$	Factor de Seguridad (FDS): 6.9

# ¿ Por qué las 4 combinaciones?

- En base al criterio de la Tensión Normal Máxima ( para materiales dúctiles) el FDS, recomendado para el diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas, bajo cargas dinámicas debe ser mayor o igual a 4.

N.º	Combinación	Resultado
1	$1.4 M + V$	Desplazamiento: 1.307 mm
2	$1.2 M + 1.6 V + 0.5 G$	Desplazamiento: 1.74 mm
3	<b><math>1.2 M + 0.5 V + 1.6 G</math></b>	<b>Desplazamiento: 1.92 mm</b>
5	$1.2 M + 0.5 V + 0.5 F + 1.3 Raf$	Desplazamiento: 0.884 mm

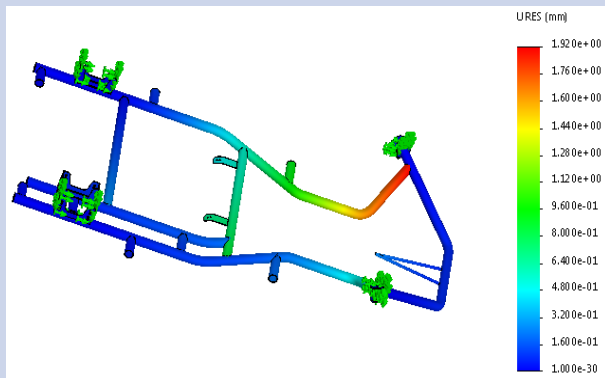
## TENSIÓN



la tensión máxima generada se da en la combinación tres donde las juntas del soporte trasero del asiento sufren este fenómeno.

16,05 Mpa < 250 Mpa  
Aceptable

## DESPLAZAMIENTO



la soldadura de las manguetas está sometida a un máximo desplazamiento, aquí se visualiza un punto susceptible a falla.

Desplazamiento= 1,92mm

## FACTOR DE SEGURIDAD



El criterio de tensión normal máxima nos indica que el FDS debe ser mayor o igual a 4

FDS= 3,4  
No aceptable

# Construcción

- Inicia con la selección del tipo de bastidor, con lo cual se procede a utilizar solo dos medidas de tubos para su construcción

## *Lista de Materiales*

Sección	Denominación	Diámetro exterior	Espesor	Peso	Cantidad
	Pulgadas	mm	mm	Kg/m	#
<b>Tubería Estructural Norma INEN 2415</b>					
Redondo	$\frac{3}{4}$	19,05	1,5	0,67	1
Redondo	$1\frac{1}{4}$	31,75	2	1,48	1

Se parte desde los tubos doblados por lo cual se adjunta la siguiente hoja de procesos de soldadura, en la cual se detalla las juntas del bastidor.

## 1. HOJA DE PROCESOS

**Nombre del proceso:** Soldadura MIG

**HOJA N°:** 1 de 1

**Responsable:**

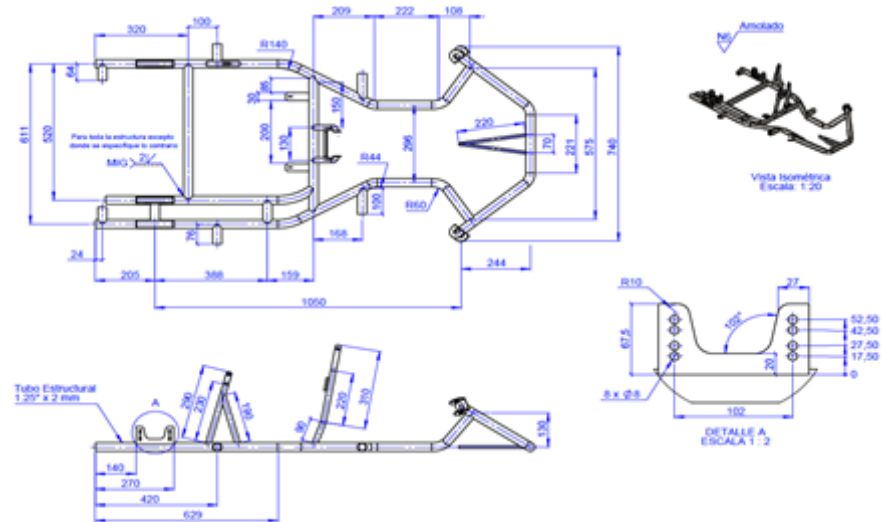
- Cristian Omar Garcés Espinoza
- Juan Francisco Cevallos Mino

**Revisa:** Ing. Mauricio Cruz

**Autoriza:** Ing. Mauricio Cruz

### PARAMETROS DE TRABAJO:

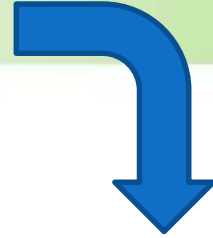
- Espesor del material: 2mm
- Diámetro del alambre: 0.8mm
- Amperaje: 110 A
- Voltaje: 16 V
- Material depositado: 0.04 kg/m
- GAS: Argón con CO<sub>2</sub>



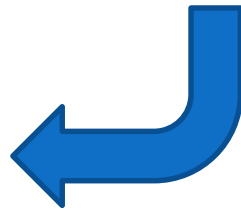
Longitud: 1050mm

Altura: 560mm

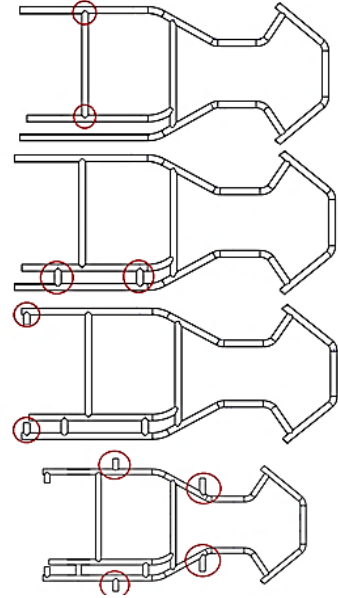
OPERACIÓN	PREPARACIÓN	OPERACIONES HERRAMIENTAS	CROQUIS DE OPERACIÓN
Soldadura Lateral Izquierdo	Muesca	MIG	
Soldadura Lateral Derecho	Muesca	MIG	
Soldadura Soporte delantero del asiento	Muesca a ambos lados	MIG	
Soldadura Segundo Lateral Derecho	Muesca	MIG	



Soldadura del Soporte para la Columna de Dirección	Muesca	MIG	
Soldadura del Soporte para el Tanque de Combustible	Muesca	MIG	
Soldadura de las Placas del Soporte del Asiento	Corte plano	MIG	
Soldadura de mangueta delantera	Muesca	MIG	



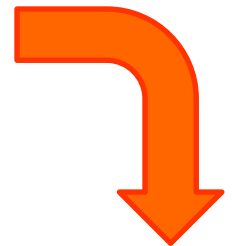
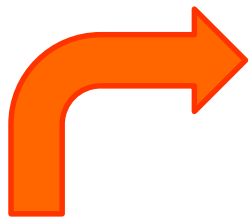
Soldadura Soporte Trasero del Asiento	Muesca	MIG
Soldadura Separadores de Laterales Derechos	Muesca	MIG
Soldadura de los Topes Posteriores	Muesca	MIG
Soldadura de los Soportes para los Pontones Laterales	Muesca	MIG



**ESPE**  
 UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
 INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



# Evidencias



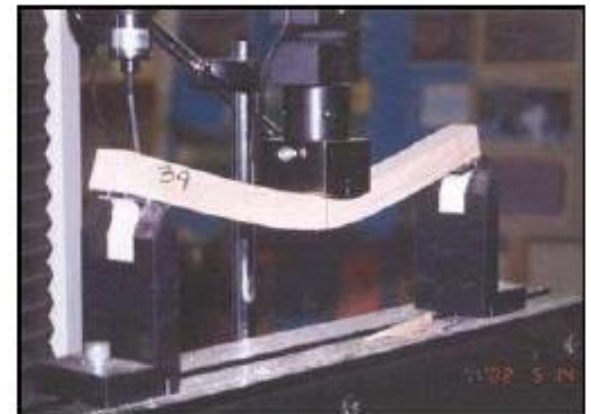
# Ensayos de Materiales

Con los ensayos de materiales se determinan las propiedades mecánicas y químicas de un elemento cuyo fin es comprobar si cumple o no los estándares establecidos para la validación del diseño y la seguridad de un miembro estructural.

**Destructivos:** sirven para comprobar cuál es la respuesta que ofrecen ciertos materiales al ser manipulados de tal forma que se llega al límite de los mismos destruyéndolos.

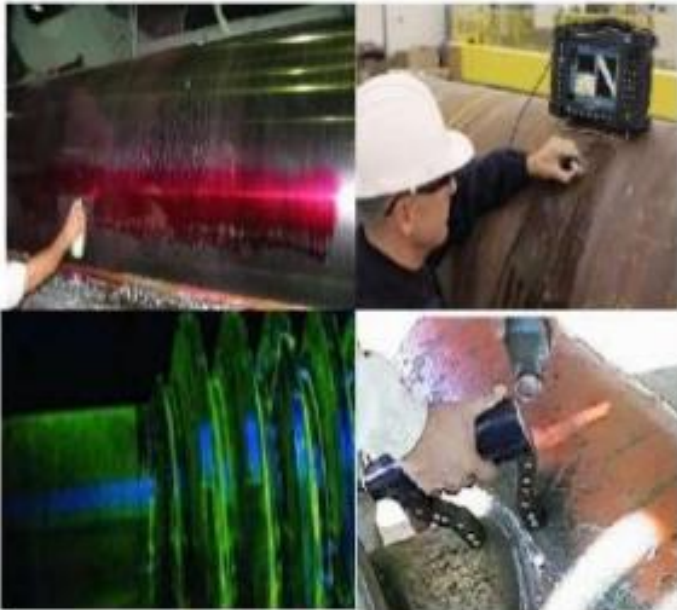
De esta forma podemos comprobar cuál es la resistencia que presentan. Conocer este tipo de información es vital para destinar unos materiales a un servicio u otro.

Fluencia



# Ensayos no Destructivos

- permiten verificar indirectamente la resistencia del material sin producir daño sobre él.



- Inspección visual ( VT )
- Líquidos penetrantes ( PT )
- Partículas Magnéticas ( MT )
- Ultrasonido ( UT )
- Radiografía Industrial ( RT )
- Análisis de Vibraciones.
- Medición de espesores



# Inspección Visual

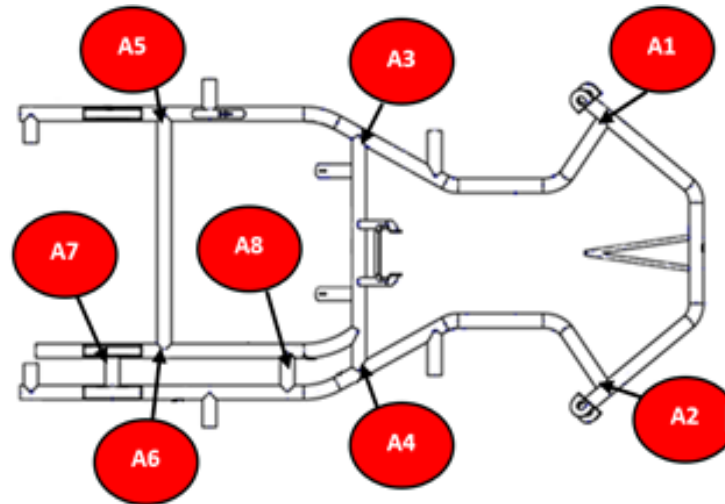
- Inspección que garantiza el control de calidad y el cumplimiento de los tamaños de soldaduras de filete y soldaduras acanaladas o a tope .

## Lista de procedimientos para VT

COMPETENCIAS DEL INSPECTOR DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS	ANALISTA	DIRECTOR
Realizar la inspección de la estructura	X	X
Realiza el ensayo VT	X	X
Registrar y clasificar los resultados de los ensayos.	X	X
Presentar informes sobre los resultados.	X	X
Realizar el ensayo dentro de los criterios de trabajo seguro, cumpliendo las regulaciones y buenas prácticas de seguridad industrial en este tipo de servicios.	X	X
Realizar el ensayo tomando en cuenta los criterios y regulación de manejo ambiental, cumpliendo con la normativa sobre control ambiental.	X	X
Seleccionar la técnica de END para el método de ensayo VT.	X	X
Definir las limitaciones de la aplicación del método de ensayo VT.		X
Hacer el montaje y verificar el reglaje de los equipos.	X	X
Realizar y supervisar END VT.	X	X
Interpretar y evaluar los resultados de acuerdo con códigos, normas, especificaciones o procedimientos aplicables.	X	X
Preparar instrucciones de END VT.		X
Llevar a cabo y supervisar las tareas del analista.		X
Brindar orientación al analista.		X
Presentar los resultados de los END VT.		X
Presentar instrucciones para el desarrollo de un trabajo seguro, de acuerdo a normas aplicables y revisar su cumplimiento.		X

Fuente: (Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero, 2018)

# Puntos de VT



N.º	Sección	Estado de la Suelta
1	A1	OK
2	A2	OK
3	A3	OK
4	A4	OK
5	A5	OK
6	A6	OK
7	A7	OK
8	A8	OK

Nota: Se aceptan los puntos de acuerdo a la norma AWS D1.1:2010.

# Medición de espesores por ultrasonido

- Este método se basa en la medición de la propagación del sonido en el medio que constituye la pieza a analizar y tiene aplicación en todo tipo de materiales.

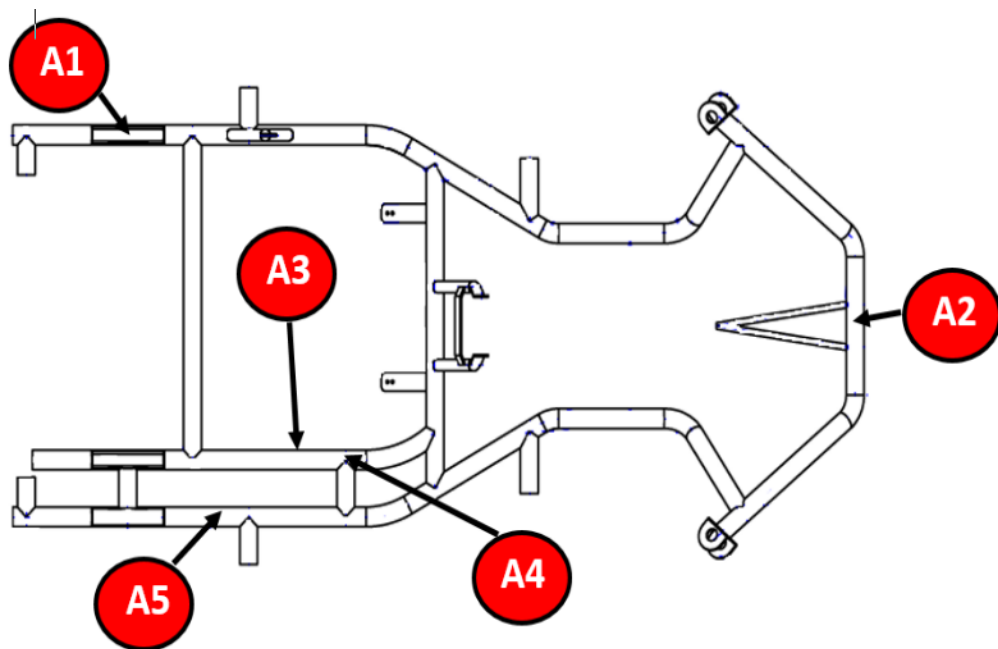


*Medidor de espesores por ultrasonido  
45MG*

## Procedimiento de Inspección

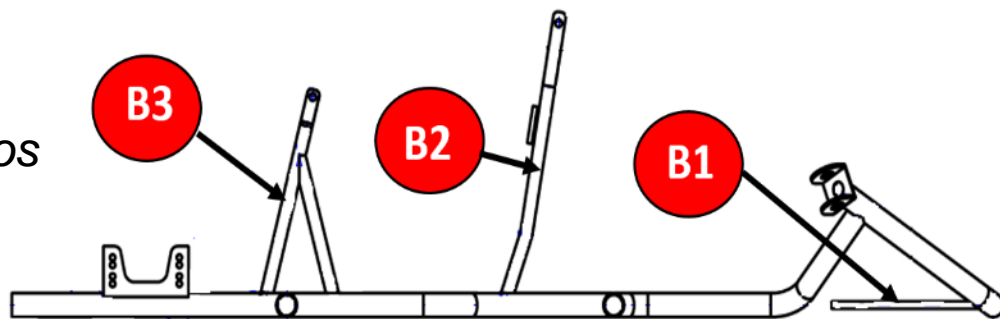
- *Calibración del medidor de espesores*
- Procedimiento de recopilación de espesores
- Registros

# Puntos de Medición de Espesores



*Distribución de puntos de medición tubos de 1 ¼ de pulgada*

*Distribución de puntos de medición tubos de ¾ de pulgada*





# Registro de Medición

Id. de muestra	Diámetro exterior (mm)	Medición 1 (mm)	Medición 2 (mm)	Medición 3 (mm)
A1	32.78	2.08	2.05	2.03
A2	32.48	1.94	1.95	2.00
A3	32.23	2.05	2.04	2.05
A4	32.23	1.99	2.02	2
A5	33.38	2.01	1.97	2.02
B1	19.22	1.56	1.54	1.55
B2	19.87	<u>1.62</u>	1.57	1.6
B3	19.52	1.57	1.52	1.58



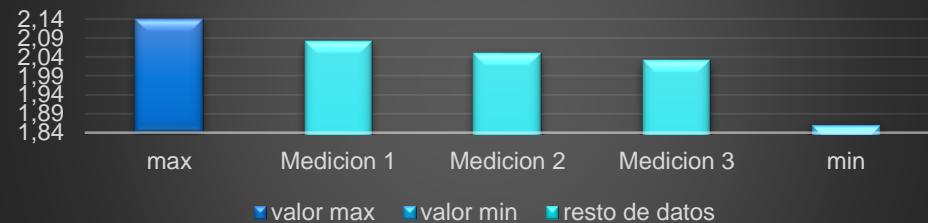
# Criterio de evaluación para espesores

- se procede a comparar los registros con los valores recomendados por la norma NTE INEN 2415 que nos expresa la condición siguiente:

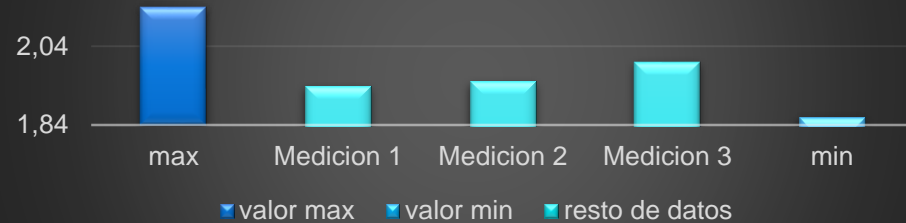
**La tolerancia de espesor de la pared medido en cualquier punto de la tubería a una distancia mayor a 50 mm desde los extremos de la misma, no debe ser mayor a +/- 7% del espesor nominal. (INEN 2415, 2008)**

Tubería	Tolerancia	Valor	Valor
	(±%)	Máximo	Mínimo
3/4 por 1.5 mm	0.105	1.605	1.395
1 1/4 por 2 mm	0.14	2.14	1.86

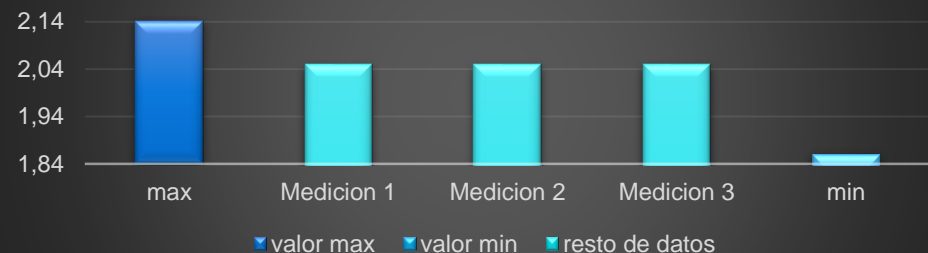
### Inspección A1



### Inspección A2



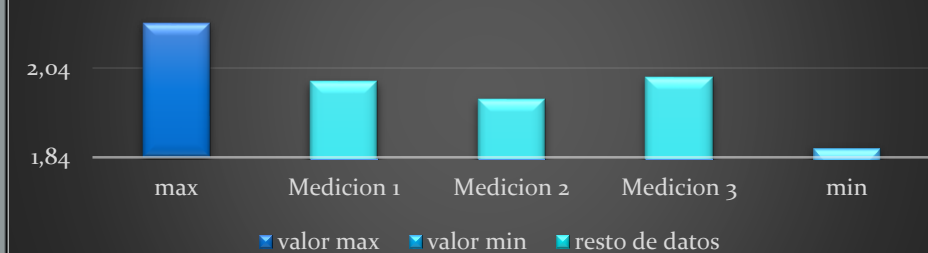
### Inspección A3



### Inspección A4



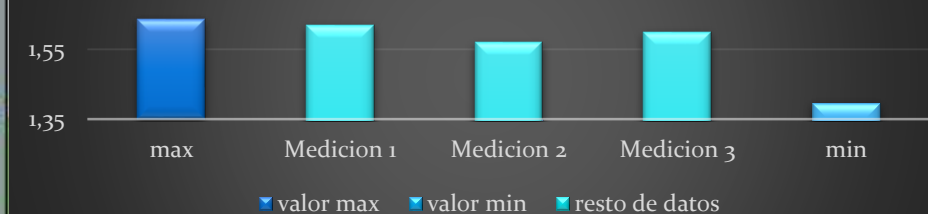
### Inspección A5



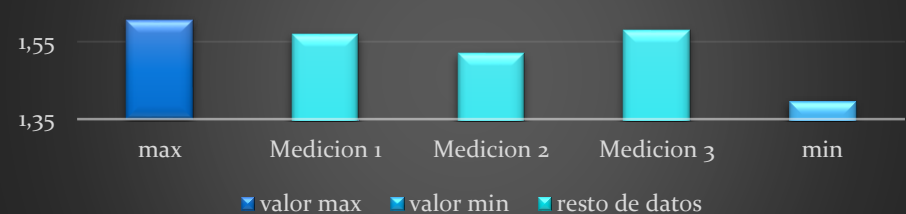
### Inspección B1



### Inspección B2

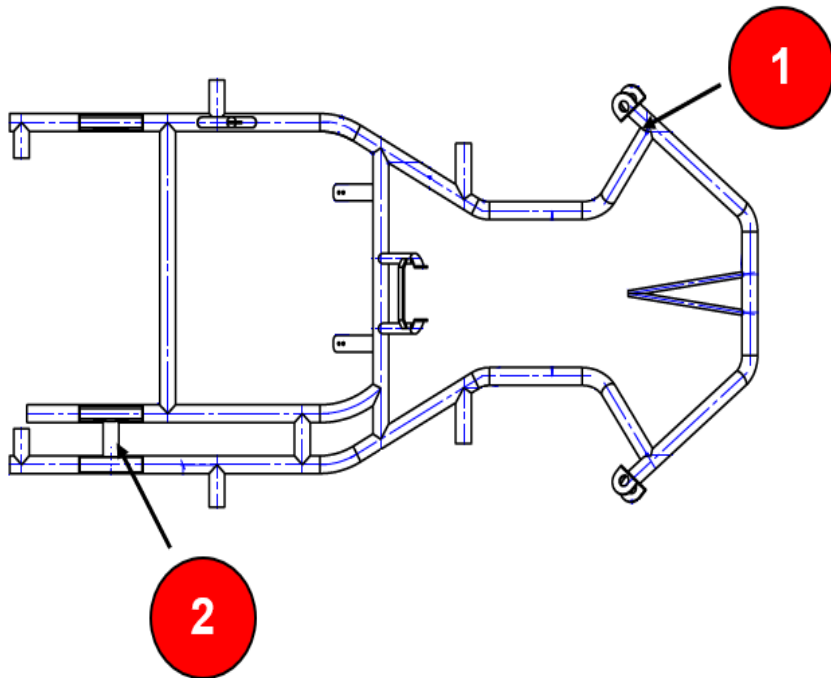


### Inspección B3



# Inspección por Líquidos Penetrantes

- Partiendo de los datos que se obtuvo en la simulación se procede a escoger dos puntos claves susceptibles a deformación



- Por cálculos la fuerza aplicada en el sistema de dirección en donde las manguetas ejercen una fuerza rotatoria, siendo el desplazamiento el mayor factor para determinar el ensayo en el **punto número uno**.
- El **segundo punto** se encuentra en la parte derecha del eje posterior, ya que el peso del motor y las cargas de vibración ejercidas por el mismo denotan su susceptibilidad.

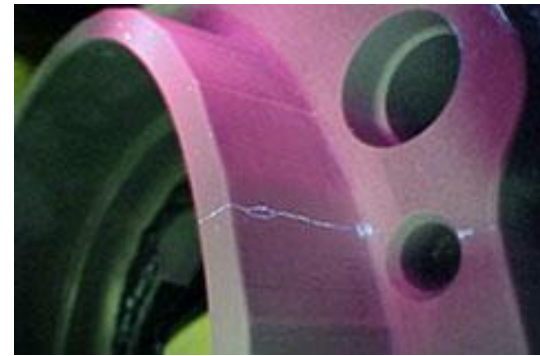
*Distribución de puntos de evaluación PT*

# Objetivo del Ensayo

- para la detección de discontinuidades superficiales como porosidades, fisuras y laminaciones; durante y en la etapa final del proceso de soldadura evaluando las juntas de uniones soldadas.

## Recursos

- Para la limpieza previa se utilizará removedor, alcohol o thinner.
- Penetrante removible con solvente.
- Removedor o solvente (alcohol, thinner)
- Reveladores tipo húmedo no acuoso



## Requisitos

Los kits de líquidos penetrantes usados durante la presente inspección, deberán cumplir con los requerimientos y especificaciones determinadas por la ASTM E – 165.



# Procedimiento



1. *Acondicionamiento de la superficie.*



2. *Remoción de contaminantes.*



3. *Aplicación del penetrante*



4. *Aplicación del revelador.*

5. *Examinación y Análisis*

# Evaluación de Líquidos Penetrantes

## ✚ Evaluación de PT

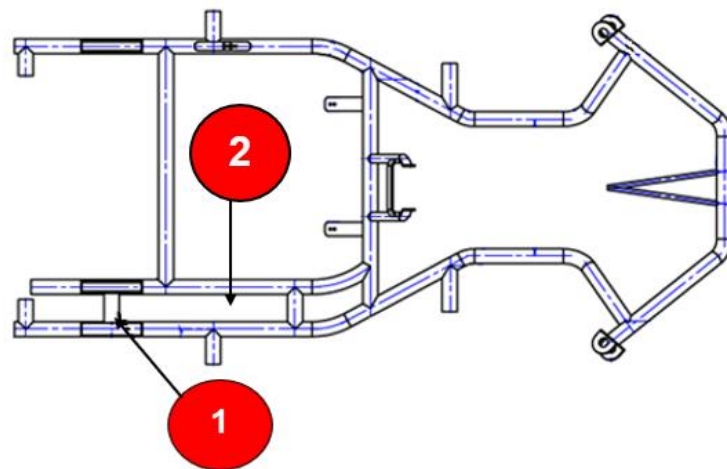
Resultados de Evaluación		Normas Criterio de Aceptación			AWS D1.1/D1-1M-2010 Código de Soldadura Estructural		
Puntos de inspección		Dimensiones de las Indicaciones (mm)				Aprobación final	Comentarios finales
N.º Punto	Lugar de inspección	Indicación	∅ / Longitud	Longitud	Idóneo (Si/No)		
P1	A1	Mangueta delantera	-	-	Si	Aceptado	No se encuentran defectos de soldadura
P2	A2	Ninguna	-	-	Si	Aceptado	No se encuentran defectos de soldadura

**Fuente:** (Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero, 2018)



# Análisis por vibraciones

- El Análisis por Vibraciones será realizado en el **punto 1** donde está ubicado el motor del Go-Kart, ya que este ensayo es utilizado como técnica de diagnóstico en fallas de máquinas y estructuras.
- La ventaja es que se realiza el ensayo con la máquina funcionando, lo que se evita con ello es la pérdida de producción generada por una detención del equipo.



1: *Punto de evaluación.*

# Instrumento de Medición



*Medidor de vibración PCE-VM 5000*

1. Preparación del instrumento
2. Calibración
3. Selección de la Función

## 4. Medición

- Especificaciones del motor.
- Puntos y direcciones de medición
- Análisis

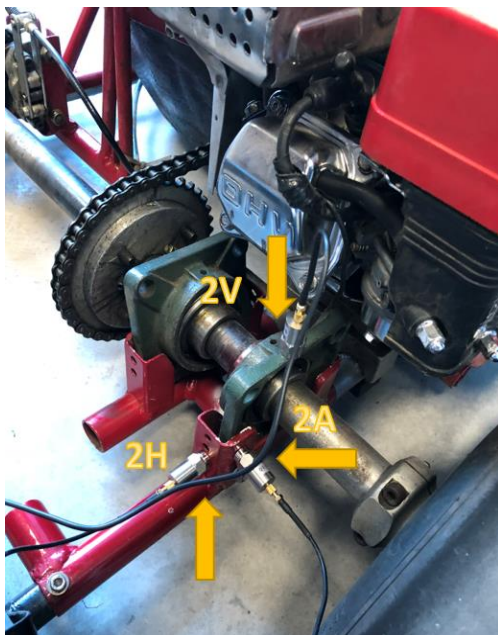
Procedimiento

# Especificaciones del motor

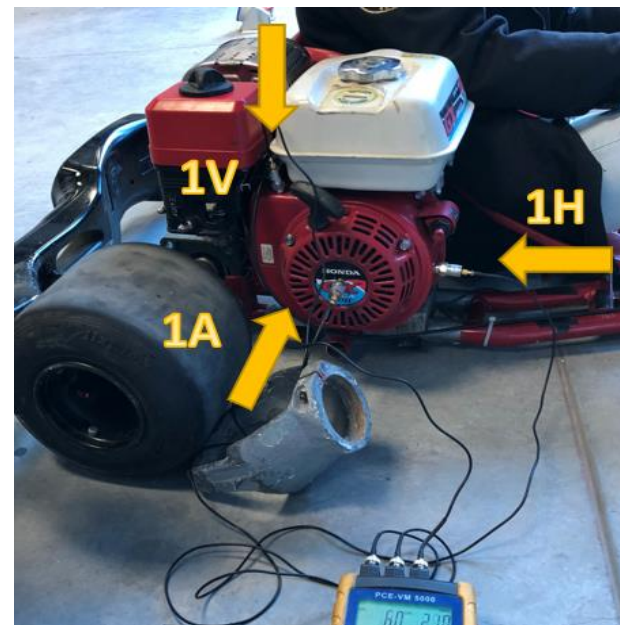
## Características del motor para Análisis por Vibraciones.

Especificaciones del motor	
Fabricante	Honda
Modelo	QBH
Potencia	5,2 Kw
Tipo de motor	4 tiempos mono cilíndrico
Torque nominal	13,2 Nm
Serie	GCBVT-1008619
Rpm (nominal)	4500
Cilindrada	196 Cm <sup>3</sup>
Capacidad	2.0 litros

Fuente: (HONDA, 2018)



## Direcciones de medición



# Análisis

- Según la norma ISO 2372: Vibración mecánica de máquinas con velocidades de operación de 100 a 200 rev/s, es aplicable para equipos rotativos cuyo rango de velocidad de giro está entre 600 y 12.000 RPM. Establece la metodología para el procedimiento de medición ubicando los acelerómetros en los tres ejes de dimensiones, horizontal, vertical y axial.

Resultados de las Mediciones				
Puntos de Medición	1300 RPM		1500 RPM	
	Valor RMS	Valor RMS	Valor RMS	Valor RMS
	Min. (mm/s)	Max. (mm/s)	Min. (mm/s)	Max. (mm/s)
1V	14.3	26.2	23.4	46.8
1H	13.1	16.5	21.9	53.0
1A	4.5	7.9	7.4	13.4
2V	13.6	21.4	18.6	59.8
2H	8.1	11.0	9.0	12.3
2A	6.7	11.5	11.6	16.8

### Rangos Vibración Severa.

Rangos de Vibración Severa		Ejemplos de calidad por separación de clases			
Rango	Velocidad RMS (mm/s) en los límites de rango	Clase I	Clase II	Clase III	Clase IV
0,28	0,28	A	A	A	A
0,45	0,45				
0,71	0,71				
1,12	1,12				
1,8	1,8	B	B	B	B
2,8	2,8				
4,5	4,5	C	C	C	
7,1	7,1				
11,2	11,2	D	D	D	D
18	18				
28	28	D	D	D	D
45	45				
71	45	D	D	D	D

A Buena

C Inatisfactoria

B Satisfactoria

D Inaceptable

Fuente: (ISO-2372, 1974)

Comparando los datos con la tabla de la norma ISO 2372, con la potencia del motor de 5.2kw denotado por el manual del fabricante, se establece que se encuentra dentro de la **Clase I (Máquinas pequeñas con potencia menor a 15kw)**. La cual estipula que se encuentra dentro de los rangos de vibración severa pero no cumple el rango de satisfacción ya que se encuentra dentro de la sección D, con un valor promedio de:

- A 1300rpm Punto 1 (16.87) RMS y Punto 2 de (14.63) RMS.
- A 1500rpm Punto 1 (37.73) RMS y Punto 2 de (29.63) RMS.

# Conclusiones

- El software fue de gran importancia para determinar la parte más susceptible a deformación por determinación de cargas, según la norma INEN NTE 1323, deben resistir las combinaciones por el método LRFD; siendo la combinación número tres la más susceptible a deformación, presentando un factor de seguridad de 3.4 y un desplazamiento de 1.92mm.
- Dentro de la inspección visual como primer ensayo no destructivo, tenemos como criterios de aceptación que no se observaron cordones de suelda con porosidad o malformaciones, factores que predominan en la aceptación de la suelda en la estructura.
- En los informes de Tintas Penetrantes se incluyó los parámetros relevantes que permitan verificar la correcta ejecución de la inspección. Todos los resultados obtenidos en cumplen con la norma AWS D1.1:2010



- En el reporte de inspección de la medición de espesores se establece que todos los elementos estructurales inspeccionados de acuerdo a la norma NTE INEN 2415 se encuentran conforme dimensionalmente.
- Para establecer una evaluación acerca del análisis de vibraciones según la norma ISO-2372 se divide la máquina de acuerdo a su tamaño (potencia) con el tipo de máquina y su ensamblaje en la estructura.
- En el análisis de vibraciones, en el cual el punto uno da como resultado 15.75 RMS y el punto dos 33.68, que se encuentran dentro de los rangos de vibración severa pero no cumple el rango de satisfacción ya que se encuentra dentro de la sección D.



# Recomendaciones

- Utilizar el mayor valor de tensión y desplazamiento obtenido por medio de las combinaciones dadas por la norma para realizar la simulación, de esta manera será mayor la seguridad en el diseño al utilizar los valores máximos, la posible falla será la adecuada para el análisis de ensayos
- Para el manejo de equipos de medición se recomienda conocer su funcionamiento y funcionalidad, así como también la calibración en el caso de ser necesario.
- Para END de VT y PT, se recomienda tener la superficie libre de impurezas y pintura, para esto la aplicación de un removedor será lo ideal.
- Para mejorar el índice de vibración severa, se recomienda colocar bases de caucho como amortiguador de vibraciones entre el motor y el bastidor.



# Agradecemos su Atención



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA





# Agradecemos su Atención

