

# Diseño de equipos electrónicos

HITO - 2

## Inverter de Corriente Modular Multinivel

- Linares Gonzalo Ezequiel - 61427
- Gullino Agustín Luís - 61885
- Bustelo Windauer Nicolás - 61431
- Sergi Damián Ezequiel - 61467

# Inverter de Corriente Modular Multinivel

Orientado al control de motores trifásicos

¿Por qué?

- Este dispositivo no requiere capacitores, contrario a los inverter de tensión. Esto implica un MTBF mucho mejor.
- Con los superconductores a temperatura ambiente estos dispositivos pueden alcanzar un tamaño reducido. Hoy en día el límite en la fabricación existe debido a la necesidad de inductores de gran tamaño.
- El control por corriente permite una alta confiabilidad, ya que ante una falla de cortocircuito del motor la corriente queda limitada por el controlador de forma nativa

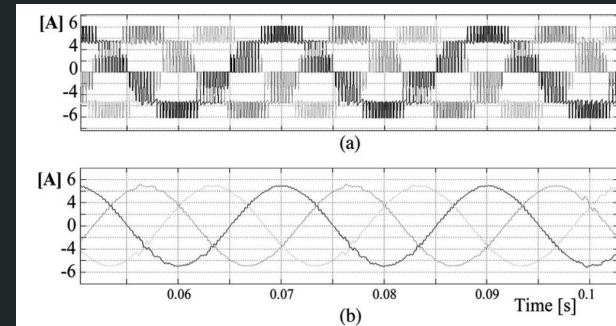
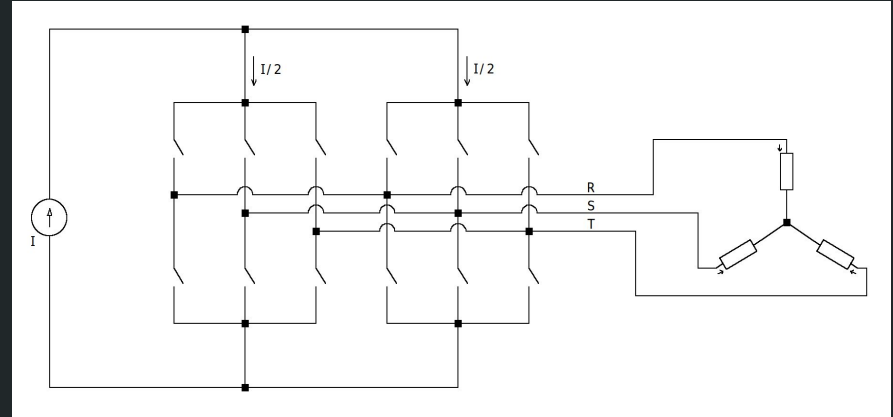


Fig. 11. (a) Inverter output current. (b) Load current.

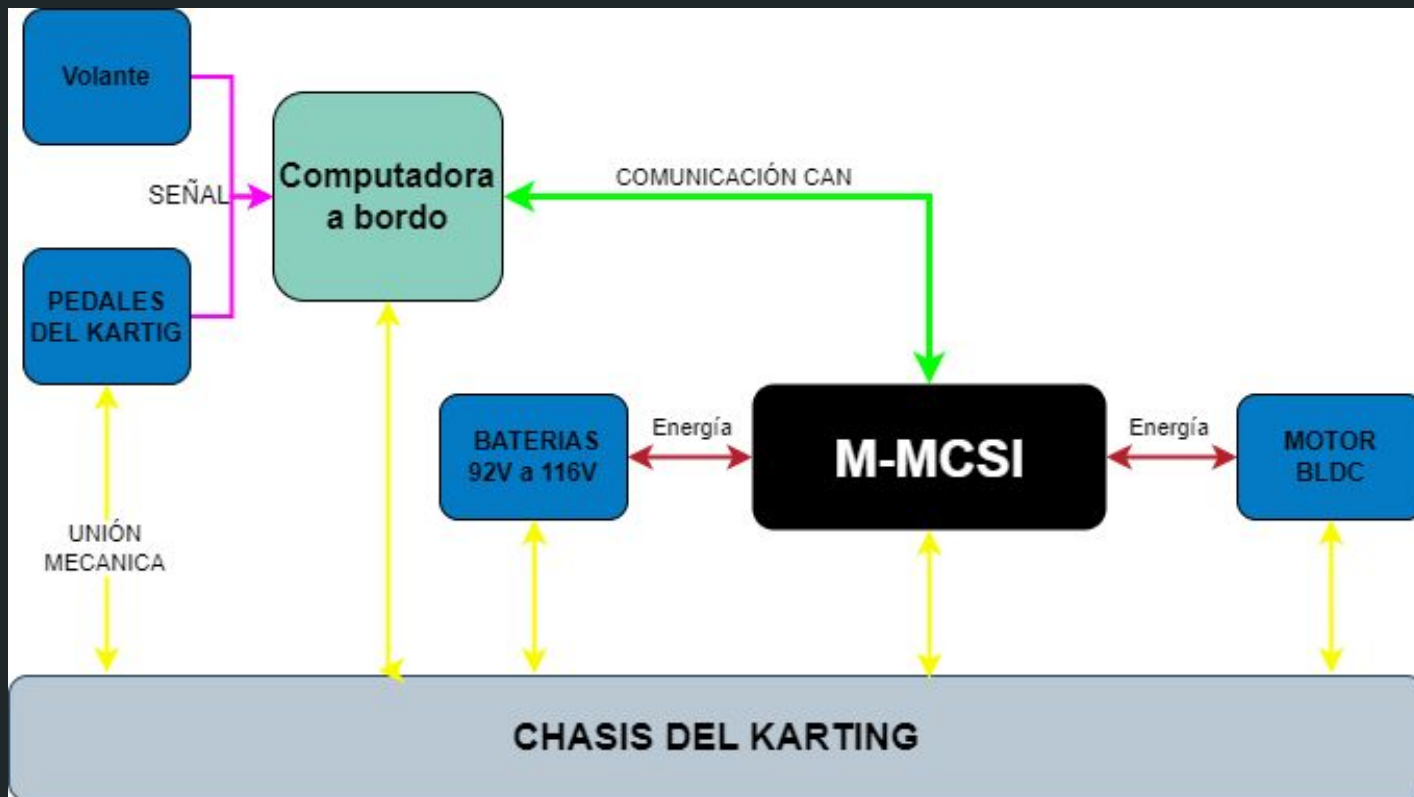
## Requerimientos del cliente:

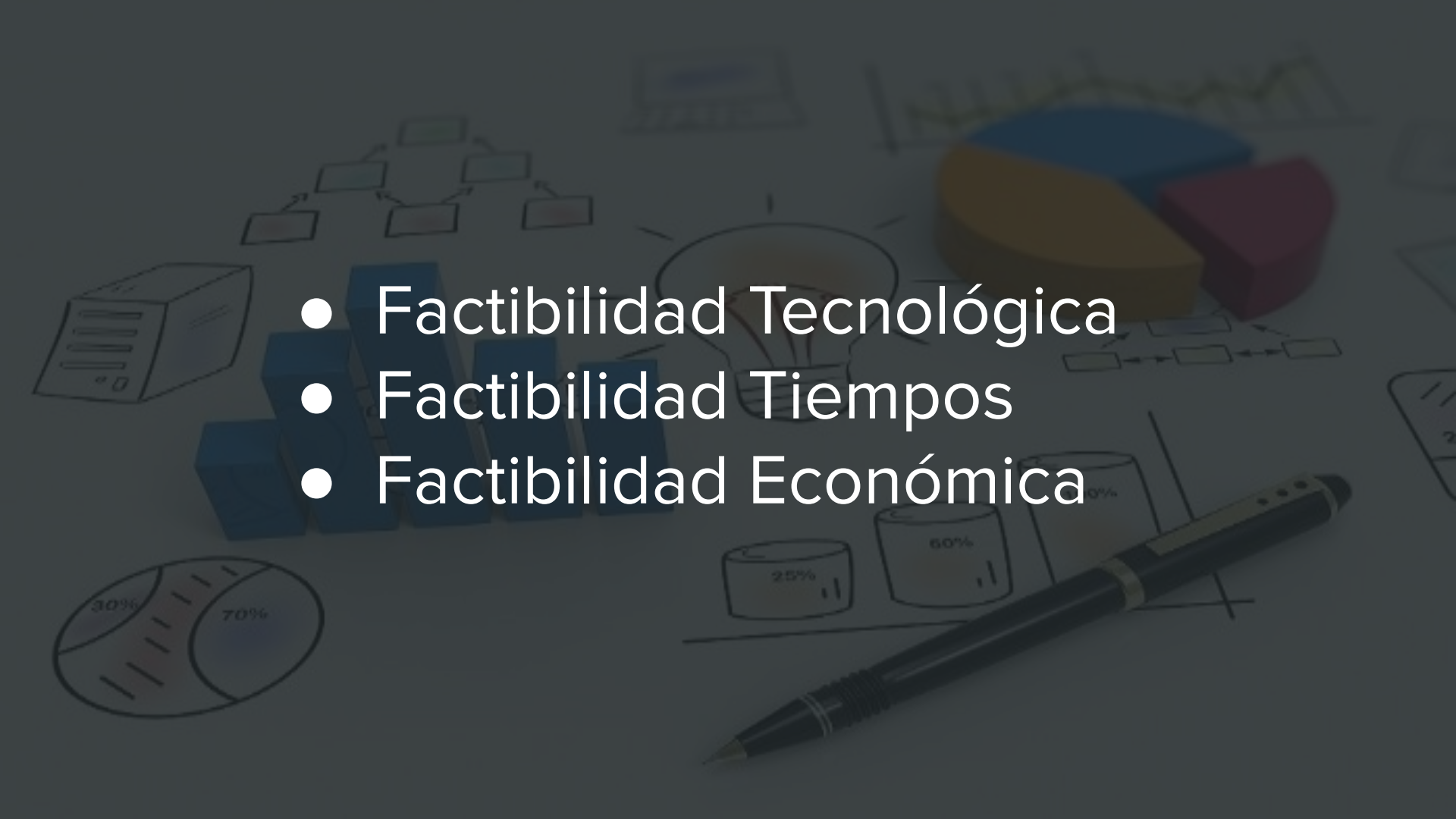
ID	Descripción	Origen
REQ-01	El controlador del motor deberá manejar una tensión nominal de salida de 96V	Concreto
REQ-02	El controlador del motor no debe superar una potencia máxima de 1000W	Concreto
REQ-03	El controlador del motor deberá manejar una potencia nominal de al menos 500W	Concreto
REQ-04	La corriente de salida del controlador nunca podrá exceder la corriente pico máxima admisible del motor de 55A	Concreto
REQ-05	La corriente de salida del controlador no podrá exceder la corriente máxima de trabajo continuo del motor de 22A.	Concreto
REQ-06	Las dimensiones físicas máximas del controlador del motor no deberán superar 20cmx10cmx10cm.	Concreto

## Requerimientos del cliente:

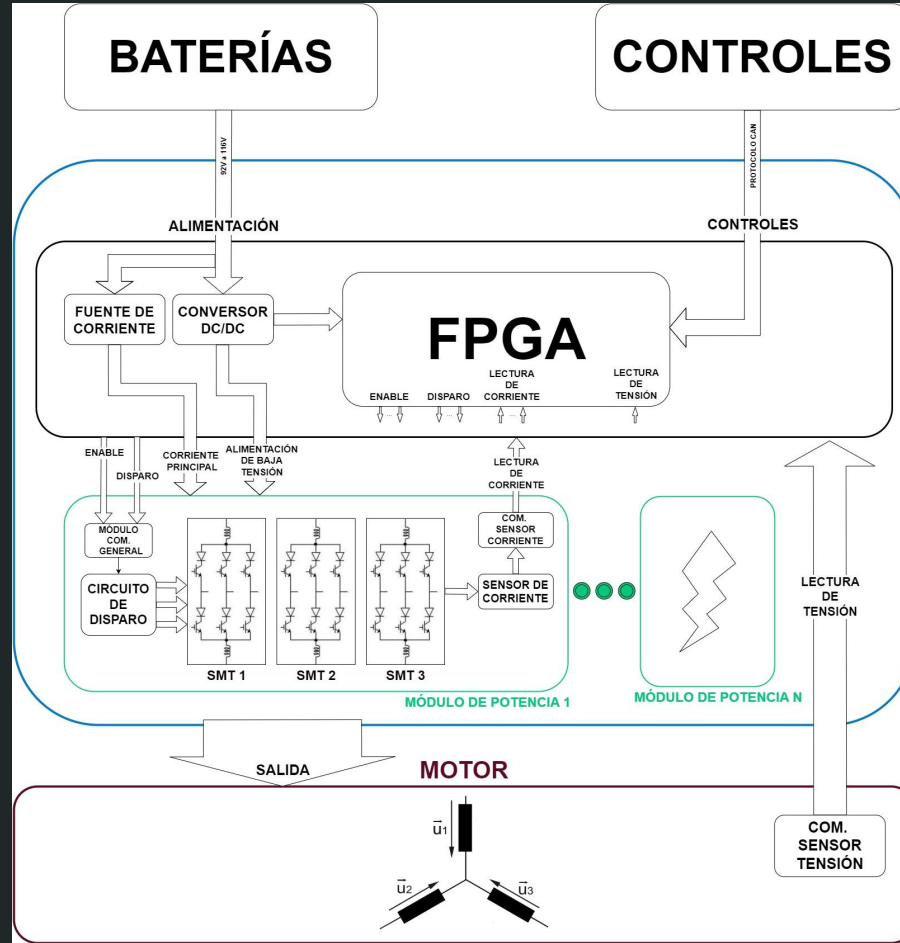
REQ-07	El controlador deberá realizar un control por torque	Concreto
REQ-08	El controlador deberá tener protecciones de sobrecorriente para la alimentación de la entrada.	Concreto
REQ-09	El controlador deberá tener protecciones de sobretensión para la alimentación de la entrada.	Concreto
REQ-10	El montaje del controlador deberá proveer protección contra vibraciones.	Tácito
REQ-11	El montaje del controlador deberá proveer protección contra aceleraciones inferiores a 2g.	Tácito
REQ-12	El controlador deberá funcionar con un rango de tensión de entrada de entre 92V y 116V.	Concreto
REQ-13	La comunicación entre el controlador de corriente y la interfaz externa se realizará utilizando el protocolo CAN	Concreto

# Solución Propuesta:



- 
- The background is a dark grey collage of various business and technology-related icons. It includes a 3D pie chart with blue, orange, and purple segments, a 3D bar chart with blue bars, a lightbulb, a server tower, a flowchart, a circular diagram with 30% and 70% segments, and three small cylinders labeled 25%, 60%, and 30%. A black pen is also visible in the bottom right corner.
- Factibilidad Tecnológica
  - Factibilidad Tiempos
  - Factibilidad Económica

# Esquema circuital propuesto:



# Factibilidad Tecnológica: MOSFETs

MOSFETS			
Nombre	<a href="#"><u>IPN80R1K2P7ATMA1</u></a>	<a href="#"><u>IPD50R650CEAUMA1</u></a>	<a href="#"><u>IPD50R2K0CEAUMA1</u></a>
Vds max [V]	800	500	500
Id max [A]	4,5	9	2,4
Rds typ [mohm]	1200	650	20
Price Unit	\$1,06	\$0,87	\$0,56



# Factibilidad Tecnológica: FPGA o Microcontrolador

Procesador principal			
Nombre	UPduino v3.1	ESP 32	Kinetis FRDM-64
I/O	39	40	38
Frec de clock [MHz]	12	160	100
Logica [V]	3,3	3,3	3,3
Price Unit	\$33	\$5,6	\$60

# Factibilidad Tecnológica: Alimentación FPGA

Conversor DC/DC	
Nombre	PQDE6W-Q110-S12-T
Tipo	Conversor universal
Tensión de salida	12V
Potencia	6W
Price Unit	\$22

# Factibilidad Tecnológica: Comunicación en SMT

CPLD	
Nombre	ISPGAL22V10AB
Cantidad de Macrocelas	10
Velocidad [ns]	7,5
Price Unit	\$1,8

# Factibilidad Tecnológica: Conversores para comunicaciones

Conversores Single Ended a Diferencial	
Nombre	SN65LVDS31PWR
Tipo	LVDS
Data Rate	200Mbps
Price Unit	\$2,68

# Factibilidad Tecnológica:

## Sensado de corriente

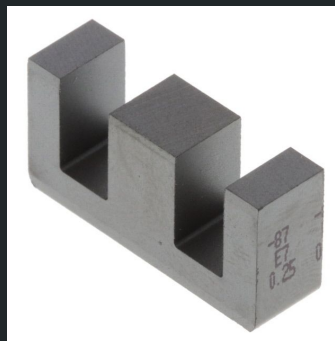
Sensores de corriente	
Nombre	ACS70331
Sensibilidad	400mV/A
Ancho de banda [KHz]	1000
Price Unit	\$2,82

# Factibilidad Tecnológica: Medicion de tension y corriente

ADCs	
Nombre	MCP33141
Bits	12
Ancho de banda	250KHz
Price Unit	\$1,42

# Factibilidad Tecnológica: Inductores

Núcleo	
Nombre	B66317G0250X187
Material	N87
Al [nh/vuelta]	1850
Price Unit	\$0,72



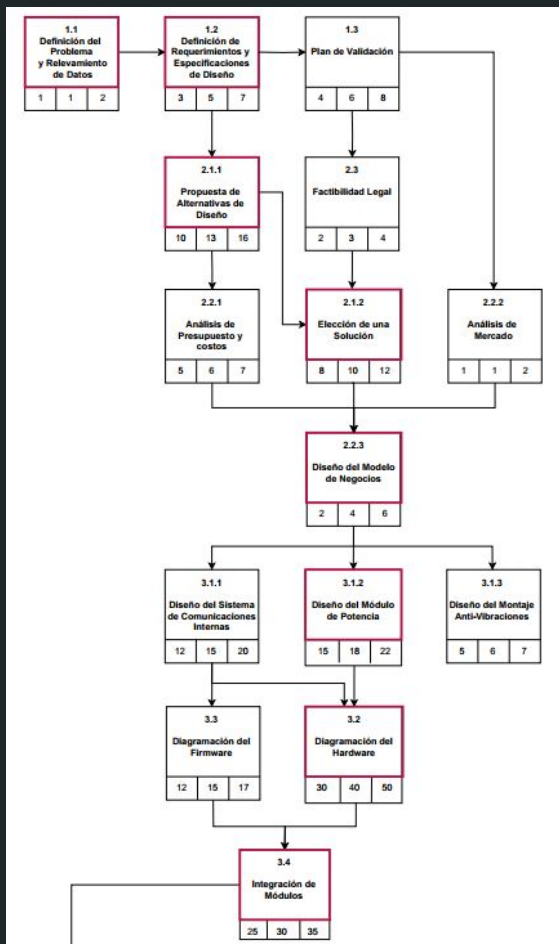
# Factibilidad Tecnológica: DFMEA

	Subsistema	Modo Potencial de Falla	Efecto Potencial de Falla	Severidad	Causas potenciales de fallo	Ocurrencia	Controles preventivos actuales	Controles de detección actuales	Detección	RPN
Design DFMEA										
1	FPGA	Apagado por condiciones de operación	La FPGA se podría apagar generando un comportamiento inesperado en los transistores	7	La FPGA no recibe la suficiente tensión	3	Verificar el funcionamiento correcto de la fuente de tensión	El motor se detiene de forma inesperada	3	63
2	Circuitual	Falla en el blindaje	Mal funcionamiento	5	Ruido electromagnético	2	El montaje debe poseer buen blindaje electromagnético de la misma manera que la circuitería sensible	El comportamiento del controlador se comporta erróneamente de forma errática	6	60
3	Circuitual	Falla en el blindaje	Mal funcionamiento de equipos cercanos	4	Emisiones Electromagnéticas	2	El montaje debe poseer buen aislamiento electromagnético	Los equipos externos se comportan erróneamente de forma errática	6	48
4	Montaje	Falla en la aislación	Electrocución al tacto	5	Golpes, raspones de la carcasa	4	Protecciones contra golpes	Midiendo el potencial del montaje	2	40
5	Montaje	Mal sujetado/Suelto	Daño a los equipos cercanos y autodestrucción	8	Mal ajuste al chasis	2	Verificar la sujeción luego de cada 5km recorridos en el karting	Observar el estado del controlador	2	32
6	Sensor de tensión	Medición errónea	Quemado de alguna fase del motor	7	Ruido electromagnético	2	Transmisión diferencial de la señal, cercanía entre la FPGA y el sensor	Muestra del valor leído por medio de UART	2	28
7	SMT	Mal accionamiento de los transistores de disparo (shoot-through inverso)	Destrucción de los transistores	9	Incorrecto encendido de los transistores en el SMT	3	Simulación de estados del código a largo plazo y verificación del mismo a muy baja corriente	Por inspección del circuito de SMT	1	27
8	SMT	Detección incorrecta de secuencia de transistores de disparo	La señal de salida se deforma respecto de lo esperado	7	Fallo en la programación de la FPGA	2	Test unitarios de cada parte del código	Se observa un comportamiento errático en la aceleración del motor del karting	1	14
9	Alimentación	Sobretensión	Daño completo al circuito	9	Ruido en el control de la alimentación	1	Circuito de protección de sobretensión	Por inspección del circuito de protección	1	9

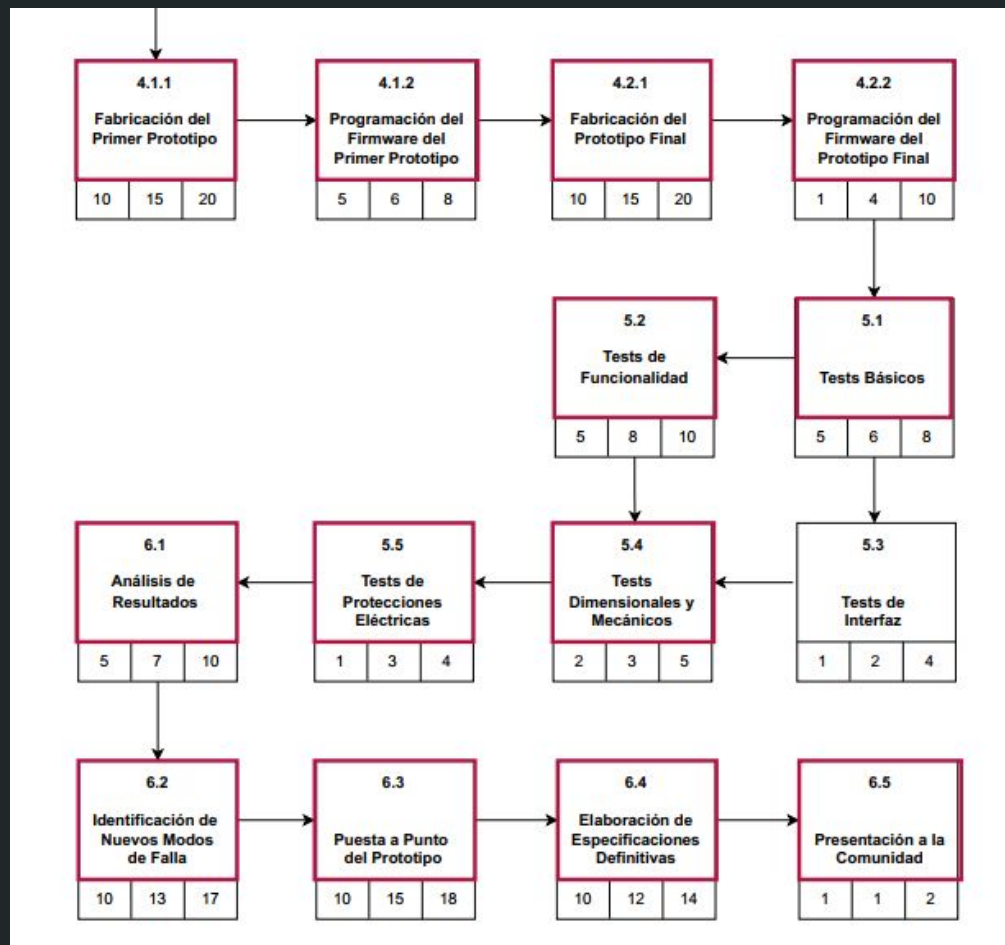
5	Montaje	Mal sujetado/Suelto	autodestrucción	6
6	Sensor de tensión	Medición errónea	Quemado de alguna fase del motor	7
7	SMT	Mal accionamiento de los transistores de disparo (shoot-through inverso)	Destrucción de los transistores	9
8	SMT	Detección incorrecta de secuencia de transistores de disparo	La señal de salida se deforma respecto de lo esperado	7
9	Alimentación	Sobretensión	Daño completo al circuito	9



# Factibilidad Tiempos:



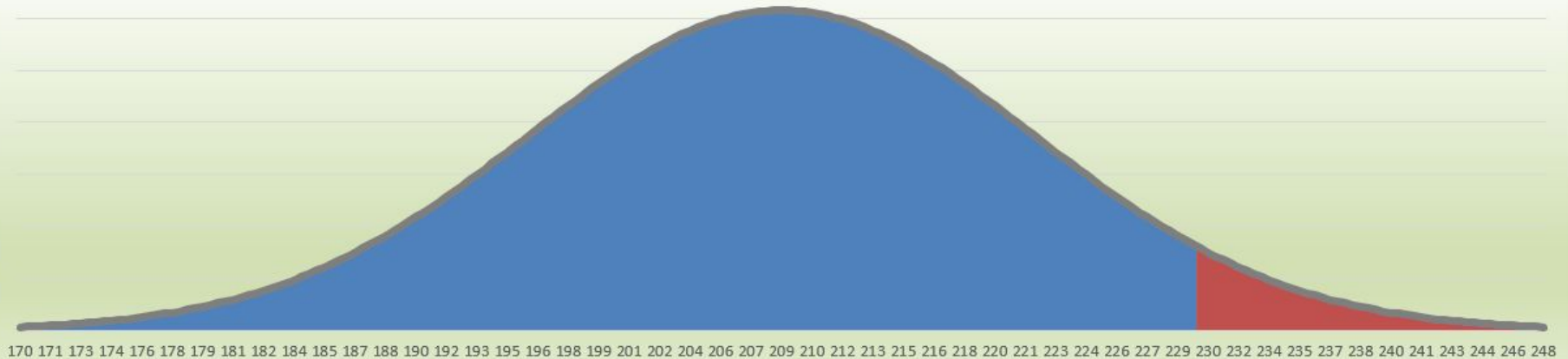
# Factibilidad Tiempos:



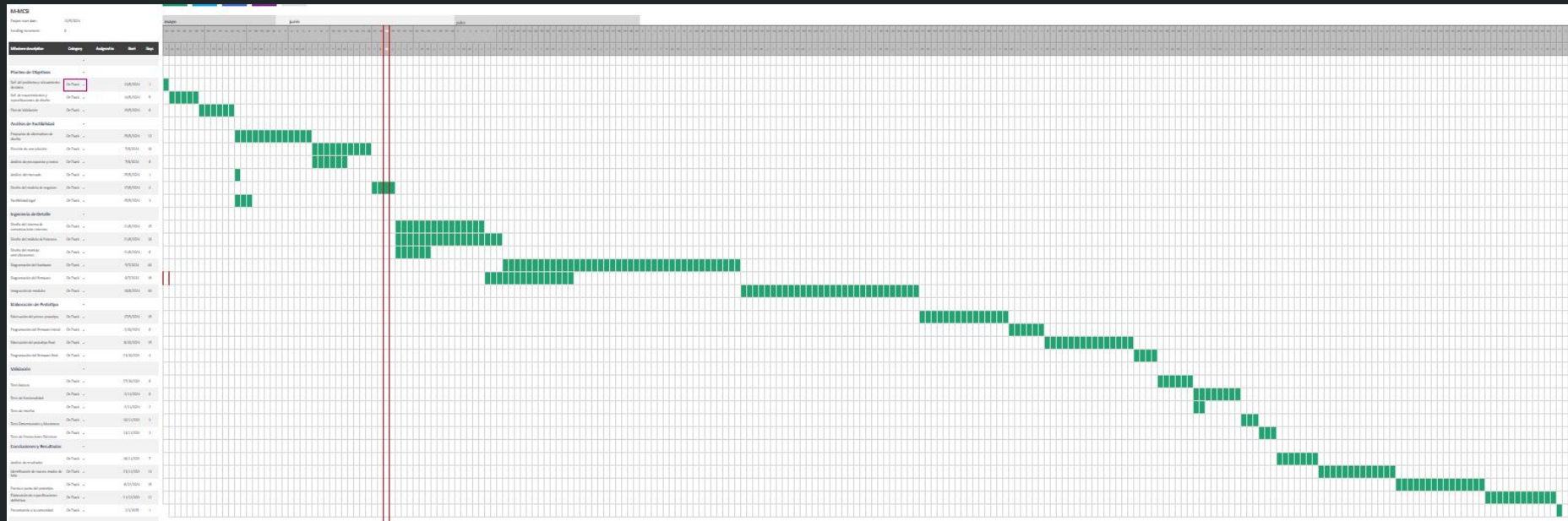
# Factibilidad Tiempos:

With a confidence interval of **95%**  
The lowerbound threshold is **183**  
and the upperbound threshold is **234**

SPERT® Normal Distribution of All Rows Combined



# Factibilidad Tiempos: Diagrama de Gantt



# Factibilidad Económica:

Inverter de Corriente Modular Multinivel

## Socios claves

Centros de investigación,  
Fabricantes de semiconductores

## Actividades claves

I+D,  
Servicio 24hs

## Propuesta de valor

Control por torque,  
Fiabilidad

## Relaciones con el cliente

Servicio al cliente,  
Atención personalizada

## Segmentos de clientes

Fabricantes de productos que utilizan motores BLDC

## Recursos claves

Patentes,  
Componentes confiables y baratos

## Canales

Página web,  
Publicidad online,  
Marketplace componentes electrónicos

## Estructura de costes

Costes de administración,  
empleados y legales, Coste de los transistores y inductores

## Fuente de ingresos

Venta de controladores estándar,  
Diseño personalizado,  
Servicio técnico

# Factibilidad Económica:

Costos del desarrollo		
Concepto	Descripción	Costo (USD)
Módulo de potencia	Son 3 módulos máximo	249,33
FPGA	Modulo principal	8,5
Conversor DC/DC FPGA	Producto comercial	4,76
Gabinete	PLA aprox. 500gr	10
4 Pasantes	Part-time 4hs/día durante 193 días a USD 6/hr	18528
Estación de soldadura	Herramienta para la fabricación	92
<b>Total</b>		<b>18892,59</b>

# Factibilidad Económica:

Datos Proyecto	
Inversión Inicial	\$18,528.00
Años (n)	5
IG	30%
Costo Oportunidad (K) /trema	15%
Costo x unidad	\$280.00
Precio de venta	\$500.00
Sueldos	\$480.00

Estado de Flujos Operativos						
	cantidad de ventas	20	50	80	100	150
	0	1	2	3	4	5
Ventas	\$ -	\$ 10,000	\$ 25,000	\$ 40,000	\$ 50,000	\$ 75,000
Costos	\$ -	\$ (5,120)	\$ (13,520)	\$ (21,920)	\$ (27,520)	\$ (41,520)
Amortización	\$ -	\$ (118)	\$ (118)	\$ (118)	\$ (118)	\$ (118)
UAI	\$ -	\$ 4,762	\$ 11,362	\$ 17,962	\$ 22,362	\$ 33,362
IG	\$ -	\$ (1,428)	\$ (3,408)	\$ (5,388)	\$ (6,708)	\$ (10,008)
UN	\$ (18,528)	\$ 3,333	\$ 7,953	\$ 12,573	\$ 15,653	\$ 23,353

# Factibilidad Económica:

- TREMA: 15%
- Impuesto a las Ganancias: 30%

VAN	\$ 11576
TIR	32%

PROYECTO RENTABLE



## Responsabilidad Civil:



# PREGUNTAS

