

**DISEÑO DE DISPOSITIVO COMPLEMENTARIO PARA UN EQUIPO DE
PINTURA ELECTROSTÁTICA**

DIEGO ANTONIO NARANJO SANCHEZ

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE AUTOMATICA Y ELECTRONICA
PROGRAMA INGENIERIA MECATRONICA
SANTIAGO DE CALI
2006**

**DISEÑO DE DISPOSITIVO COMPLEMENTARIO PARA UN EQUIPO DE
PINTURA ELECTROSTÁTICA**

DIEGO ANTONIO NARANJO SANCHEZ

**Trabajo de pasantia para optar al titulo
de Ingeniero Mecatronico**

**Director
JORGE IVAN VELANDIA
Ingeniero Electrónico**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE AUTOMATICA Y ELECTRONICA
PROGRAMA INGENIERIA MECATRONICA
SANTIAGO DE CALI
2006**

Nota de aceptación:

Aprobado por el comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar al título de ingeniero mecatronico

Ing. JIMMY TOMBE
Jurado

Ing. JUAN CARLOS MENA
Jurado

Santiago de Cali, 03 de Noviembre de 2006

CONTENIDO

	Pag.
RESUMEN	10
INTRODUCCION	11
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
2. OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVOS GENERALES	13
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	13
3. ANTECEDENTES	14
4. MARCO TEORICO	15
4.1 DESCRIPCION DE MAQUINA GEMA VOLSTATIC MPS 1-F	15
4.1.1 Modo de operación del inyector	17
4.1.2 Modo de aplicación del polvo	19
4.1.3 Modo de operación de pistola manual PG 1	20
5. METODOLOGIA	21
5.1 IDENTIFICACION DE NECESIDADES	21
5.2 REQUERIMIENTOS TECNICOS	22
6. GENERACION DE CONCEPTOS	23
6.1 DESCOMPOSICION FUNCIONAL	23
6.1.1 Descomposición de caja negra	23
6.1.2 Descomposición funcional	24
6.1.3 Rama crítica y desglose de una subfuncion	25
6.2 GENERACION DE CONCEPTOS PARA SUBFUNCIONES	26

6.2.1 Recipiente de almacenamiento	26
6.2.2 Equipo portador de recipientes	26
6.2.3 Válvulas de paso	27
6.2.4 Mezcla de aire-pintura	27
6.3 COMBINACION DE CONCEPTOS	27
6.3.1 Concepto A	28
6.3.2 Concepto B	29
6.3.3 Concepto C	29
6.3.4 Concepto D	30
6.3.5 Concepto E	30
6.3.6 Concepto F	31
7. SELECCIÓN DE CONCEPTOS	32
7.1 MATRIZ DE TAMIZAJE	32
7.2 REVISION DE CONCEPTOS	33
7.3 MATRIZ DE EVALUACION	33
8. ARQUITECTURA DEL PRODUCTO	34
8.1 INTERACCIONES ENTRE ELEMENTOS FISICOS Y FUNCIONALES	35
8.2 ESQUEMA DEL PRODUCTO	36
8.3 IDENTIFICACION DE INTERACCIONES FUNDAMENTALES E INCIDENTALES	38
8.3.1 Interacciones fundamentales	38
8.3.2 Interacciones incidentales	39
8.4 ARQUITECTURA A DIFERENTES NIVELES	39

8.5 ARQUITECTURA DEL SISTEMA ELECTRONICO	39
9. DISEÑO INDUSTRIAL	41
9.1 VALORACION DEL DISEÑO INDUSTRIAL	41
9.1.1 Ergonómicas	41
9.1.2 Estéticas	42
9.2 NATURALEZA DEL PRODUCTO	43
9.3 IMPACTO DEL DISEÑO INDUSTRIAL	43
9.3.1 Interfaces de usuario	43
9.3.2 Facilidades de mantenimiento y reparación	44
9.3.3 Uso adecuado de los recursos	45
9.3.4 Diferenciación del producto	45
9.4 EVALUACION DE CALIDAD DEL DISEÑO INDUSTRIAL	45
10. DISEÑO PARA MANUFACTURA Y ENSAMBLE	46
10.1 ANALISIS DEL DISEÑO PARA MANUFACTURA	46
10.1.1 Lista de componentes	47
10.2 REDUCCION DE COSTOS DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD	47
11. PROTOTIPADO	48
11.1 PROTOTIPOS UTILIZADOS Y SUS FUNCIONES	48
12. DISEÑO DETALLADO	52
12.1 RECIPIENTE DE ALMACENAMIENTO PARA PINTURAS	52
12.2 SISTEMA DE EXPULSION DE VALVULAS	55
12.3 SISTEMA PORTADOR DE RECIPIENTES	55
12.4 PANEL SELECTOR DE COLORES	58
12.5 DISEÑO ELECTRONICO	58

12.5.1 Especificaciones del funcionamiento	59
12.5.2 Especificaciones generales	60
12.5.3 Especificaciones de e/s y especificaciones del circuito interno	61
12.5.4 Especificaciones para salida de rele	62
12.5.5 Especificaciones para salida de transistor	62
13. PRESUPUESTO GENERAL	63
14 CONCLUSIONES	64
BIBLIOGRAFIA	65

LISTA DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1. Identificación de necesidades	21
Tabla 2. Requerimientos técnicos	22
Tabla 3. Combinación de conceptos	29
Tabla 4. Selección de conceptos	33
Tabla 5. Matriz de evaluación	34
Tabla 6. Valoración del Diseño industrial	43
Tabla 7. Evaluación de calidad del Diseño industrial	46
Tabla 8. Lista de componentes	48
Tabla 9. Especificaciones del funcionamiento	60
Tabla 10. Especificaciones generales	61
Tabla 11. Especificaciones de E/S y especificaciones de Entrada del Circuito interno	61
Tabla 12. Especificaciones para salida de relé	62
Tabla 13. Especificaciones para salida de transistor	62
Tabla 14. Presupuesto general	63

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1. Dispositivo de pintura GEMA VOLSTATIC MPS 1-F	16
Figura 2. Dispositivo de pintura GEMA VOLSTATIC MPS 1-F	17
Figura 3. Inyector (Válvula Venturi)	18
Figura 4. Inyector (Válvula Venturi)	18
Figura 5. Aplicación de polvo	19
Figura 6. Modo de Operación de Pistola Manual PG 1	20
Figura 7. Descomposición de caja negra	23
Figura 8. Descomposición funcional	25
Figura 9. Rama crítica de una Subfunción	26
Figura 10. Concepto A	29
Figura 11 Concepto B	30
Figura 12 Concepto C	30
Figura 13 Concepto D	31
Figura 14 Concepto E	31
Figura 15 Concepto F	32
Figura 16. Interacción entre elemento físicos y funcionales	36
Figura 17. Esquema general del producto por bloques (Chunks)	38
Figura 18. Interacciones fundamentales	39
Figura 19. Interacciones incidentales	40
Figura 20. Esquema electrónico general	41
Figura 21. Naturaleza del producto	44
Figura 22. Panel de control para dispositivo de pintura	45
Figura 23. Dispositivo de pintura electrostática POWDERTRONIC AN-11	49
Figura 24. Dispositivo de pintura electrostática SIEPH 2011	50
Figura 25. Dispositivo de pintura electrostática SIEPH 1 S4	51
Figura 26. Prototipado del nuevo dispositivo de pintura electrostática	52
Figura 27. Recipiente de almacenamiento para pinturas	54
Figura 28. Vista de perfil acotada	54
Figura 29. Vista superior acotada	54
Figura 30. Vista posterior acotada	55
Figura 31. Vista explosionada del recipiente de pintura	55
Figura 32. Sistema de expulsión de válvulas	56
Figura 33. Sistema portador de recipientes	57
Figura 34. Vista frontal acotada	57
Figura 35. Vista de perfil acotada	58
Figura 36. Vista explosionada del portador de recipientes	58
Figura 37. Panel selector de colores	59
Figura 38. PLC Nais FPO-C14RS	59

RESUMEN

El propósito fundamental de este proyecto es implementar un dispositivo de pintura electrostática que exige cambios de color de pintura constantemente, debido a la variedad de artículos que se maneja actualmente y la necesidad de ampliar la línea de producción de la empresa Hego Offis Ltda.

Teniendo en cuenta que esta es una empresa encargada de suministrar y comercializar una gran variedad de productos. Pueden existir diferentes clases de inconvenientes cuando la demanda de mercancía en diferentes tipos de colores se realice en tiempos muy cortos.

Este fenómeno ocasiona que el procedimiento específico desempeñado por el operario, genere pérdida de tiempo y aumente el porcentaje de error que puede causar un proceso tardío, con falencias e imperfecciones en los acabados del artículo ya terminado.

Tomando los aspectos mencionados previamente, nos hemos puesto en la necesidad de generar soluciones que permitan resolver un inconveniente que produce retraso en la producción.

Es necesario encontrar los conceptos indicados por medio de métodos cuantitativos y cualitativos para solucionar un problema que esta ocasionando pérdidas de tiempo y dinero, en un proceso donde exige eficiencia y agilidad.

Para ello, es necesario seguir un proceso conveniente de trabajo, teniendo en cuenta todas las etapas de desarrollo aprendidas en el curso de diseño mecatrónico para un futuro perfeccionamiento del dispositivo.

INTRODUCCIÓN

Hego Offis Ltda., es una empresa situada en el Municipio de Palmira, departamento del Valle del Cauca, fundada hace unos cinco años y dedicada a la producción de muebles tubulares de alta calidad, donde se llevan a cabo diversos procesos de manufactura tales como cortado, doblado, soldado, pulido, y pintado.

Dadas las actuales condiciones económicas, la empresa ha empezado a sentir la necesidad de ampliar su línea de producción y de producir nuevos productos. Para ello requiere fortalecer sus equipos y con especial énfasis la línea de pintura.

La pintura que se utiliza en la producción es de pintura electrostática, la cual es de excelente durabilidad, calidad y buen terminado.

El presente proyecto busca dar una solución efectiva que permita mejorar de manera eficiente el proceso de pintura electrostática.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los acabados que proporciona el dispositivo de pintado con que cuenta la empresa actualmente son de excelente calidad, pero su desempeño se ve comprometido en procesos repetitivos y donde se exige cambios de color casi de forma inmediata.

Lo anterior se debe a los requerimientos de buena limpieza que se exige al momento de cambiar de color, dado que cualquier residuo de polvo que pueda quedar afectará el terminado final.

Este proceso debe en este momento ser realizado por un operario de forma completamente manual, lo cual genera desperdicio de materia prima, ya que un proceso de limpieza exige eliminar cualquier tipo de residuos e impurezas adheridas al recipiente de pintura y a sus respectivas vías de conducción como son: válvula Venturi, Mangueras y pistola.

Esta situación se refleja en el total de la producción, aumentando el riesgo de afectar el terminado final, ocasionando pérdidas de carácter económico, perjudicando con ello el rendimiento y buena imagen de la empresa.

Por esta razón Hego Offis Ltda., ha tomado la decisión de permitir el llevar a cabo el presente proyecto a fin de encontrar una solución que permita mejorar el problema planteado.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar un dispositivo complementario para una maquina de pintura electrostática con la capacidad de seleccionar el tipo de color, por medio de un panel de control amigable para el manejo del operador. Acompañado por el diseño de los recipientes suministradores de pintura con la capacidad de almacenar la cantidad de colores requeridos por el usuario.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Establecer las posibles soluciones que serán implementadas en el dispositivo.

- ❖ Por medio de un estudio exhaustivo seleccionar el concepto más viable para ser desarrollado.

- ❖ Identificar los componentes electrónicos, mecánicos y neumáticos que intervienen en el proceso de pintado.

- ❖ Diseñar el dispositivo seleccionador de pintura electrostática, con panel de control incluido de fácil comprensión y uso para el operador.

- ❖ Diseño de recipientes de almacenamiento para pintura.

- ❖ Elaborar un informe detallado del procedimiento realizado por el estudiante para cumplir con los requerimientos de la empresa Hego Offis Ltda., y de la Universidad Autónoma de Occidente para optar al título de ingeniero Mecatrónico.

3. ANTECEDENTES

El proceso de pintado empleando pintura electrostática, es un sistema usado con frecuencia en empresas fabricantes de automóviles, medios de transporte, fabricación de muebles, ya que esta pintura en polvo tiene la capacidad de soportar altas temperaturas y su adherencia es excepcional, permitiendo una larga vida del producto y una excelente calidad.

El proceso de pintura electrostática en empresas de cualquier tamaño, requiere del procedimiento de limpieza cuidadosa y manual, cuando se cambia de color de pintura. Actualmente no existe en el mercado dispositivos que permitan realizar una limpieza de forma automática y mucho menos que permitan cambiar de color casi de manera inmediata sin comprometer el terminado final de los productos.

En el caso de las grandes industrias, ellos dedican equipos diferentes para cada color de pintura y dado el tamaño de las empresas, se dan el lujo de producir un número mínimo de unidades por cliente. En el caso de las empresas pequeñas, estas deben someterse a los procesos de limpieza en cada cambio de color, con las consecuencias anteriormente mencionadas.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. DESCRIPCIÓN DE MAQUINA GEMA VOLSTATIC MPS 1-F

Actualmente la fábrica Hego offis Ltda se encuentra dotada con una maquina de pintura electrostática llamada GEMA VOLSTATIC MPS 1-F con la capacidad de pintar superficies metálicas con un recubrimiento en polvo proporcionando protección y estética al material.

A continuación se hará una descripción funcional del dispositivo permitiendo que exista mayor comprensión en el proceso de pintado.

Para que exista fluidez de las partículas que posteriormente revestirán el material metálico es necesario aplicar aire a presión permitiendo una constante circulación en el recipiente de almacenamiento de pintura. Para ello deberá aplicarse una presión controlada por medio de un manómetro encargado de transmitir un movimiento homogéneo y libre de turbulencias.

A la salida del recipiente se encuentra una válvula Venturi que se encarga de aspirar la mezcla de aire-polvo controlado por unos mandos neumáticos que se encuentran en el panel de control que posteriormente enviara la mezcla a la pistola.

La mezcla aire-polvo llega a la pistola y es sometida a una carga electrostática por los electrodos situados en la parte final del grupo de la cabeza generando un fuerte campo electrostático entre la tobera de la pistola y la pieza a pintar que está puesta a tierra, atrayendo el polvo y haciéndolo adherir a la superficie por revestir.

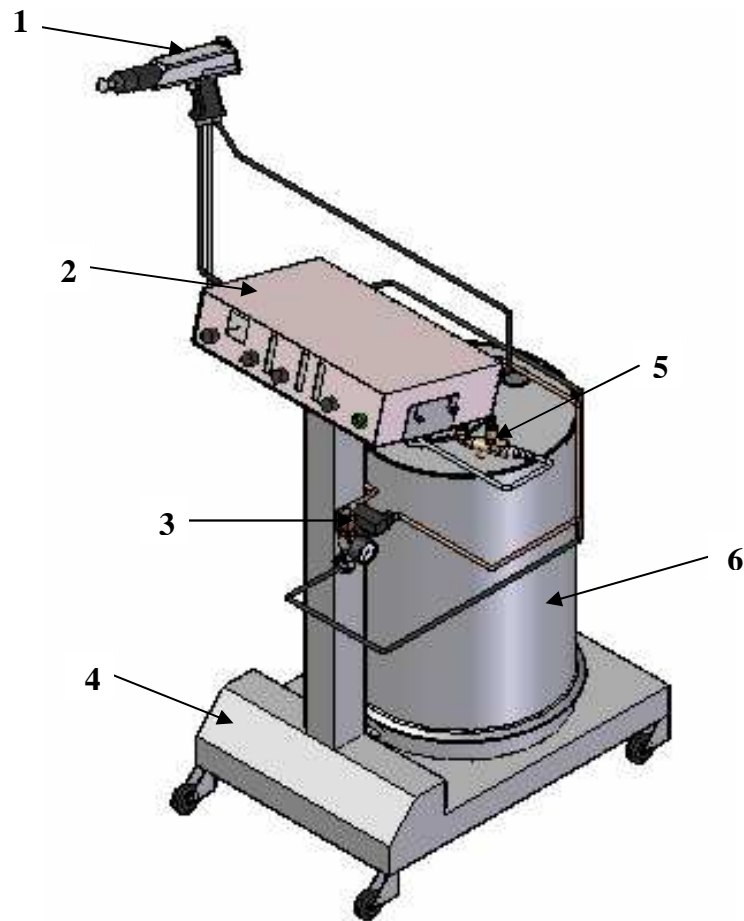
Sobre el cabezal de la pistola se pueden montar diferentes difusores, de acuerdo con la diferente nube de polvo que se desea obtener.

La carga electrostática es proporcionada por un electrodo conectado a una resistencia limitadora, situada a la salida del grupo bobina-cascada multiplicadora.

El generador proporciona en la pistola una señal de baja tensión y alta frecuencia, que alimenta por medio de un cable, el grupo bobina-cascada multiplicadora.

El multiplicador esta montado en el mango de la pistola mediante un procedimiento de sellado, con resinas especiales resistente a las altas tensiones.

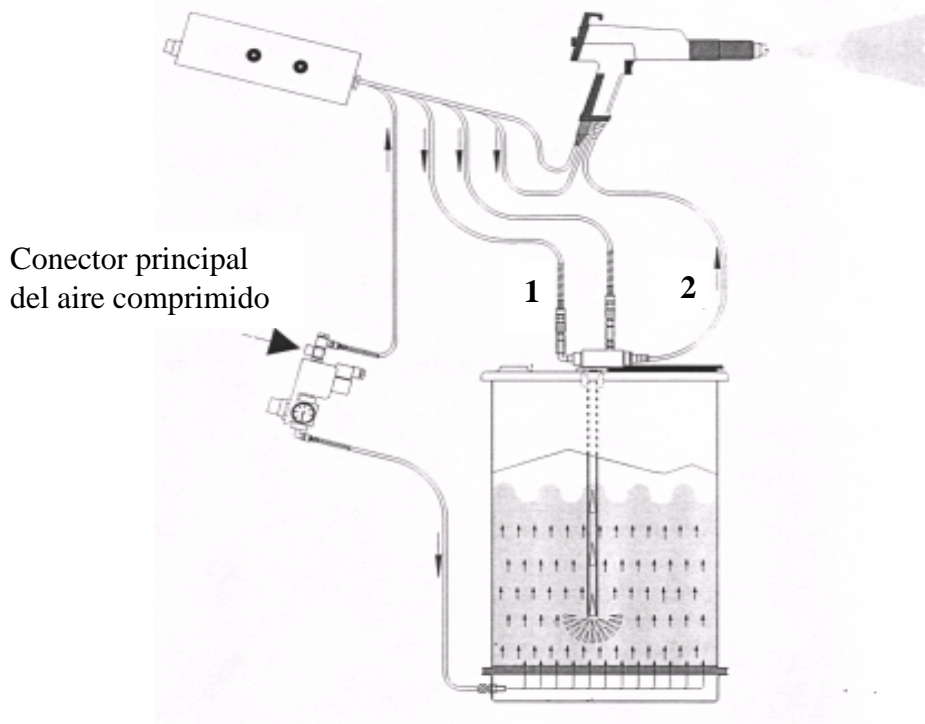
Figura 1. Dispositivo de pintura **GEMA VOLSTATIC MPS 1-F**



- Pistola de Mano PG 1.
- 2. Equipo de Mando.
- 3. Unidad de Fluidificación.
- 4. Pedestal Móvil.
- 5. Inyector PI 1.
- 6. Deposito de Polvo.

El polvo en el depósito, es aspirado por el inyector por medio del aire de impulsión (1). La mezcla de aire y polvo llega a la pistola por la manga de polvo (2).

Figura 2. Dispositivo de pintura **GEMA VOLSTATIC MPS 1-F**



4.1.1. Modo de operación del inyector. La mezcla polvo/aire llega a la pistola a través de la manga de polvo. La concentración y la fuerza de expulsión del polvo, depende del aire de impulsión, del aire adicional, de las características del polvo, del largo, diámetro y dobleces de la manga de polvo, de la diferencia de altura entre la pistola y el inyector, como así también del tipo de tobera.

Los conocimientos empíricos de la técnica de transporte neumático muestran, que para el transporte neumático de un material fino como el polvo, por un elemento tubular, es necesario una determinada cantidad de aire por unidad de tiempo. Para disminuir la expulsión de polvo, se deberá reducir la baja presión de la cámara al vacío del inyector, lo que se alcanza reduciendo la presión del aire de impulsión. Por esta reducción se rebaja la cantidad de aire en la manga de polvo por debajo del valor óptimo, la impulsión de polvo se torna irregular y aparece el efecto de bombeo. Para impedir esto se aumenta el aire adicional, hasta que la cantidad de aire en la manga de polvo consiga su valor óptimo. El medidor de flujo indica siempre la suma de los volúmenes del aire de impulsión y del adicional, por tal razón la bola indicadora debe moverse siempre en la zona verde.

Figura 3. Inyector (Válvula Venturi)

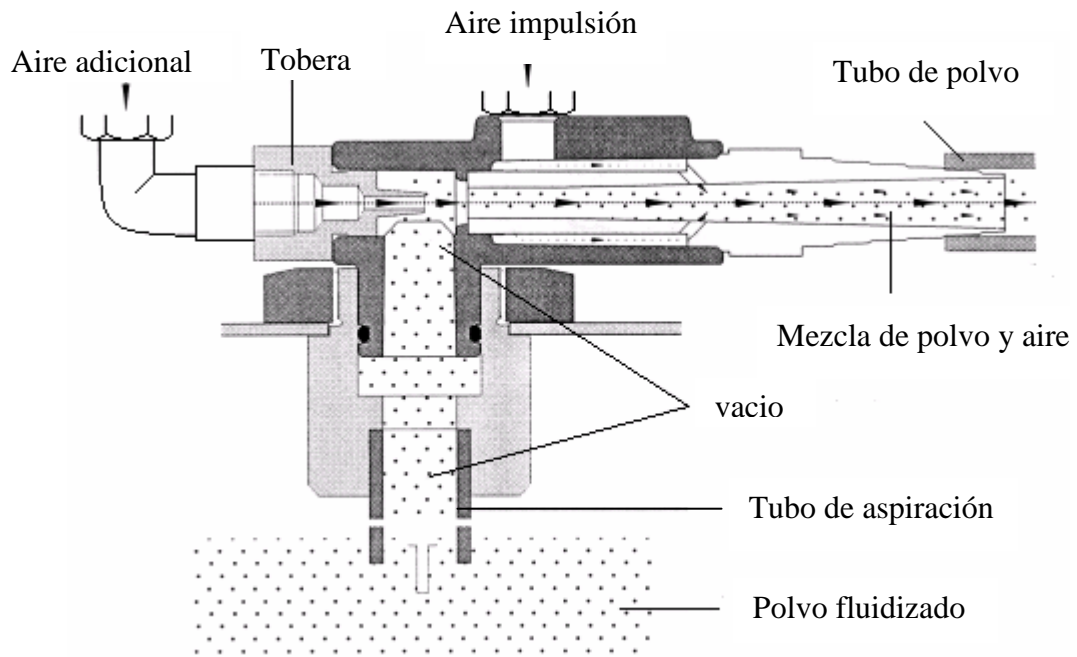
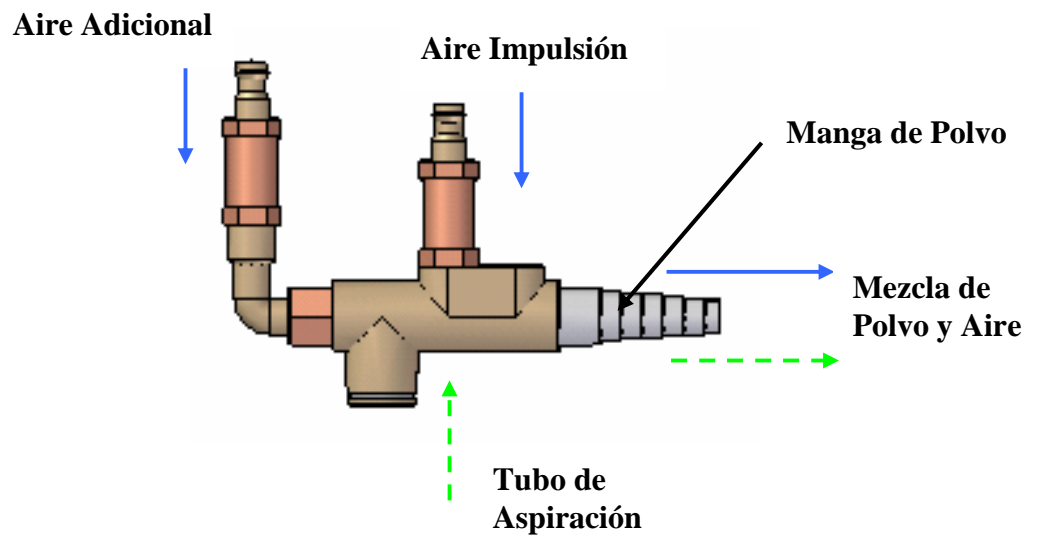


Figura 4. Inyector (Válvula Venturi)

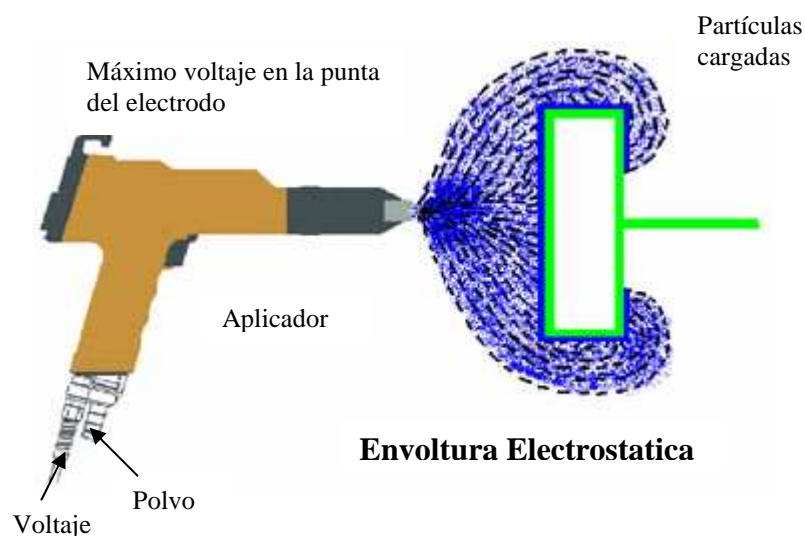


4.1.2. Modo de aplicación del polvo. El proceso de uso implica el aplicar una carga a las partículas secas del polvo y el rociar de ellas sobre una pieza puesta a tierra. El polvo, atraído una vez a la pieza, se sostiene en la superficie hasta que se derrite y se cura en una película de capa lisa al ser introducida en un horno. El proceso de aplicación de pintura ocurre dentro de una cabina diseñada para contener el polvo rociado y permite recoger los residuos (con pulverizador) y recolectarlos en última instancia para la reutilización.

El polvo se alimenta neumáticamente fuera del envase, o de la tolva, y es aplicado por medio de una pistola. El polvo sale de la pistola con un amperaje bajo y una carga de alto voltaje aplicándolo a las partículas del polvo, siendo atraídas al objeto puesto a tierra. Esta atracción puede incluso causar al polvo una especie de “abrigo” rodeando la pieza, revistiendo su parte trasera.

El polvo rociado, suspendido en el aire contenido dentro de la cabina, pasa por un proceso de separación que permite que las partículas del polvo sean recuperadas del aire. El polvo recolectado se mezcla con una cantidad proporcionada de polvo fresco virgen para la reutilización que alcanza resultados constantes y la utilización material del hasta 98%.

Figura 5. Aplicación de polvo



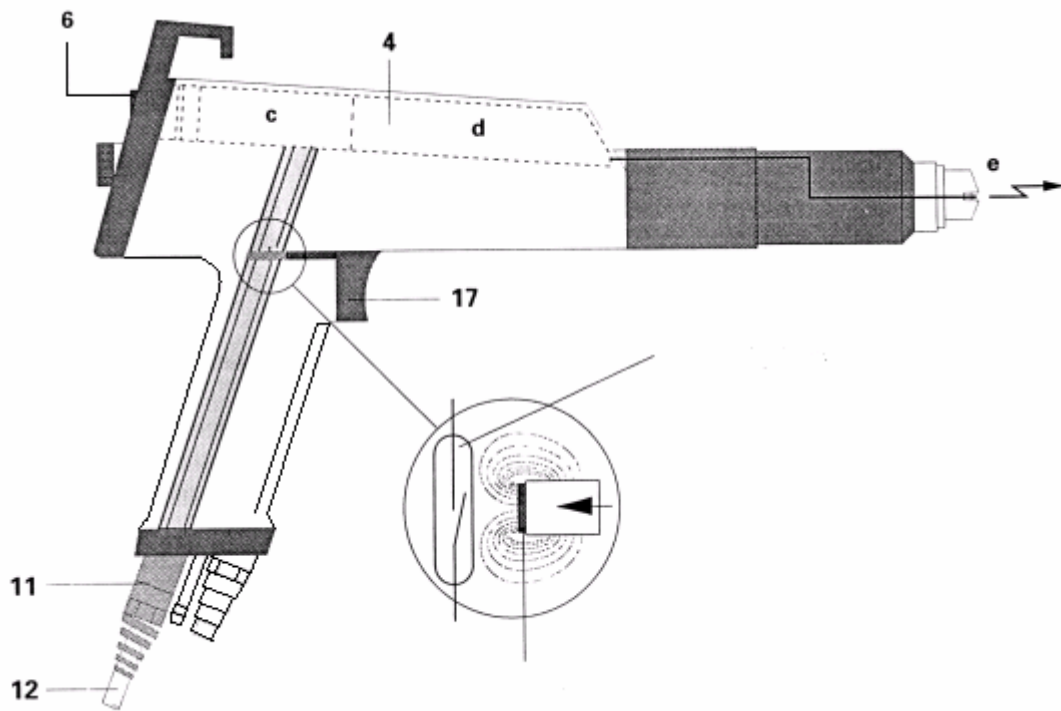
Fuente: Gema volstatic [en línea]. Indianápolis (USA): ITW Gema, 2006. [Consultado 12 de Junio de 2006]. Disponible en Internet: <http://www.itwgema.com/info/powdercoating.html>

4.1.3. Modo de operación de pistola manual PG 1. La unidad de mando suministra una baja tensión a alta frecuencia. Esta es conducida a través del cable de la pistola (12) y la conexión de la pistola (11) en la empuñadura hasta que la cascada obtenga una alta tensión (4).

Si la cascada (4) esta en baja tensión es transformada en un primer paso a alta tensión (c). En el segundo paso esta alta tensión es multiplicada sucesivamente en la cascada propiamente dicha (d) hasta que finalmente adquiere el valor de alta tensión requerido. Ahora la alta tensión es conducida del pulverizador al electrodo.

Debido al ajuste de la alta tensión en el modulo de mando, también se modifica la luminosidad del diodo emisor de luz (6). Gracias a esto el usuario tiene la seguridad de la presencia de alta tensión y con ello la posibilidad de controlar la función.

Figura 6. Modo de Operación de Pistola Manual PG 1



5. METODOLOGIA

5.1 IDENTIFICACIÓN DE NECESIDADES

La identificación de necesidades se obtuvo mediante entrevista a operarios que se encuentran en constante acercamiento con dispositivos de este tipo, teniendo en cuenta que su experiencia es una valiosa herramienta a favor de adquirir información que será de gran ayuda para establecer necesidades que verdaderamente satisfagan al usuario. También es sumamente necesario familiarizarse con el funcionamiento de dispositivo por medio de sus manuales y presenciando el comportamiento de la maquina en un día normal de trabajo.

Tabla 1. Identificación de necesidades

#	NECESIDADES	IMP.	
1	El dispositivo	Será diseñado para el cambio de pintura	5
2	El dispositivo	Se desplaza con facilidad	4
3	El dispositivo	Realizara sus funciones con rapidez	5
4	El dispositivo	Podrá ser monitoreado constantemente	5
5	El dispositivo	Es fácil de operar	5
6	El dispositivo	Es económicamente asequible	4
7	El dispositivo	Preserva las condiciones actuales de la maquina	5
8	El dispositivo	Es confiable	5
9	El dispositivo	Es robusto	4
10	El dispositivo	Es de fácil instalación	4
11	El dispositivo	Es ergonómico	4
12	El dispositivo	Es estéticamente agradable	4
13	El dispositivo	Es de fácil mantenimiento	4
14	El dispositivo	Posee repuestos de fácil consecución nacional	5
15	El dispositivo	Posee un tamaño apropiado para su manipulación	4
16	El dispositivo	Es compatible a la maquina	5
17	El dispositivo	Es compacto	5
18	El dispositivo	Es Hermético	5

El cuadro anterior nos muestra las necesidades expuestas para un mejor desempeño del dispositivo, teniendo en cuenta su importancia con una calificación de 1 a 5.

- 1: Muy poco importante
- 2: Poco importante

- 3: importante
- 4: Muy importante
- 5: Mucho muy importante

5.2 REQUERIMIENTOS TÉCNICOS

Después de un estudio profundo de las necesidades del cliente es conveniente asignar valores cuantitativos que nos permita desarrollar un proceso de diseño correcto y eficiente.

Tabla 2. Requerimiento técnicos

#	# NC	METRICAS	IMP.	UNIDADES	VALOR
1	4,8,9,17,18	Confiabilidad sistema	5	Binario	1
2	13,14	Soporte técnico	4	Binario	1
3	5,7,10,16	Adaptabilidad	5	Subj.	5
4	1,2,3	Funcionalidad	5	%	100
5	11,12,15	Ergonomía	4	Binario	1

Este esquema permite comprimir las necesidades mencionadas anteriormente, por medio de métricas y es necesario asignar una calificación para medir cuantitativamente la prioridad de las mismas.

- **Binario:** 1 / 0
- **Subjetivo:** Medición relativa
- **%:** 0 - 100

6. GENERACIÓN DE CONCEPTOS

Esta etapa exige una descomposición funcional del sistema para encontrar la rama crítica de la misma, generando conceptos por medio de una búsqueda interna y externa a la fábrica, teniendo en cuenta opiniones de personas habituadas con el trabajo y funcionamiento de este tipo de dispositivos.

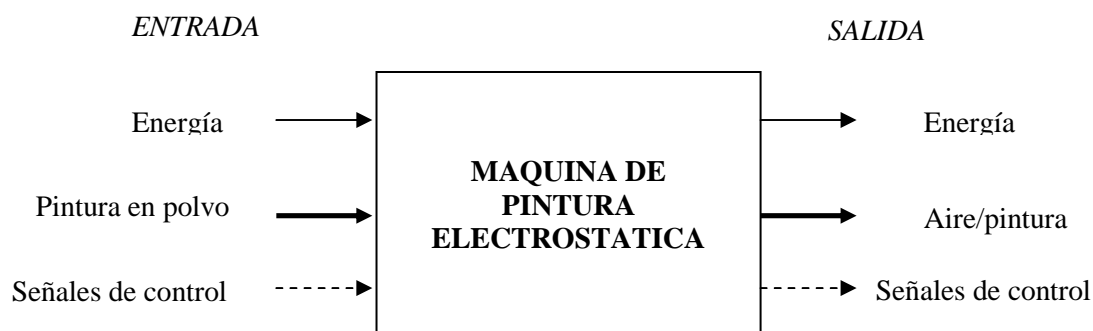
Otro método de búsqueda de información es por medio de Internet, teniendo en cuenta los diferentes tipos de fabricantes de ejemplos similares.

6.1 DESCOMPOSICIÓN FUNCIONAL

A continuación conoceremos las diferentes variables manejadas por este sistema teniendo en cuenta las entradas y las salidas obtenidas después de un paso intermedio de procesamiento para llegar a una finalidad determinada. Y poder desglosar con mayor facilidad el funcionamiento del sistema en la siguiente fase.

6.1.1. Descomposición de caja negra.

Figura 7. Descomposición de caja negra

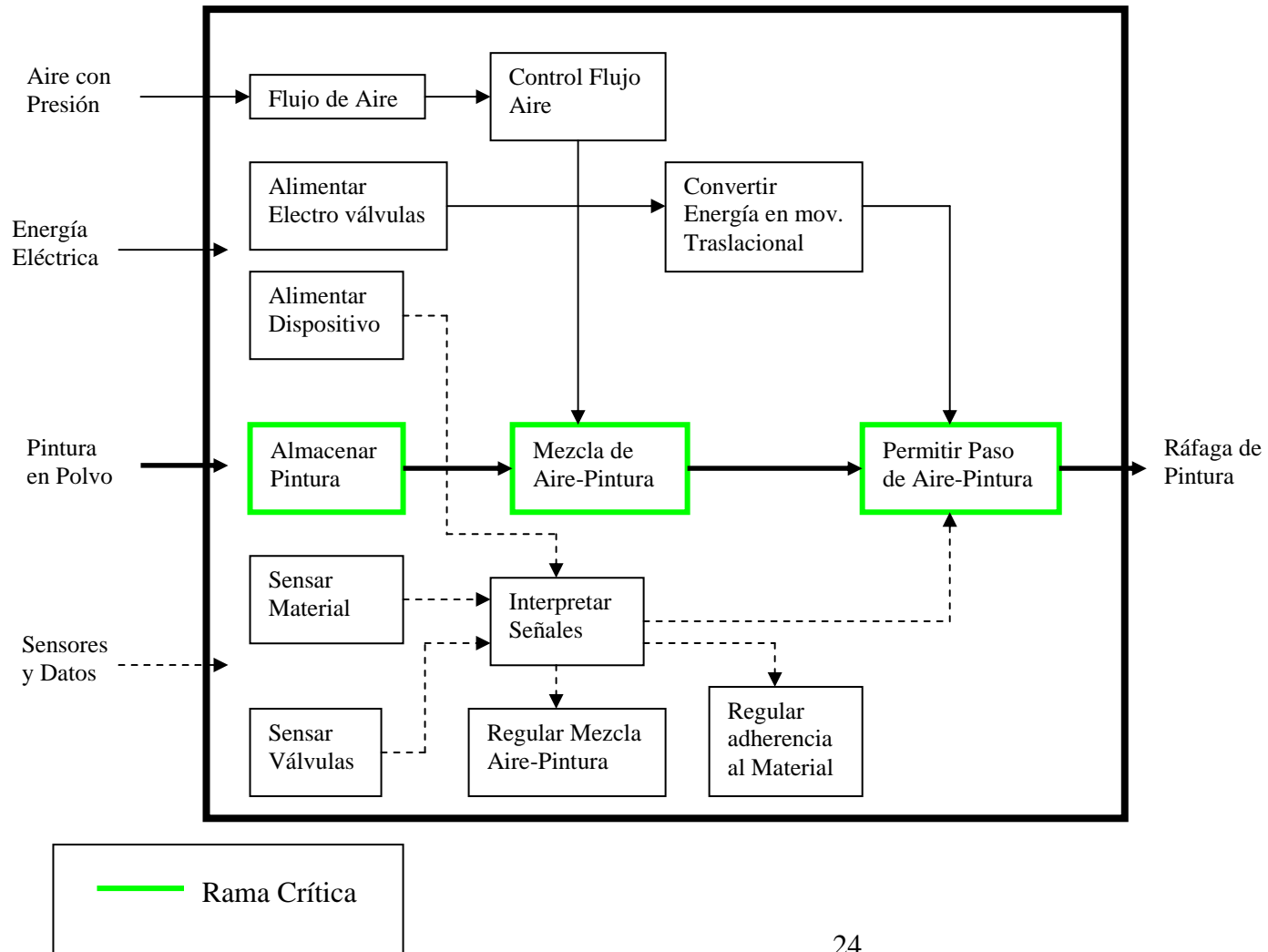


Anteriormente pudimos observar la descomposición de la caja negra en su forma más general, con el fin de comprender el funcionamiento del dispositivo y llegar al objetivo para el cual fue diseñado.

Esto nos permitirá evaluar el proceso detalladamente y desglosarlo en subproceso que podrán ser implementados en caso de presentar falencias y así evitar limitaciones en el proceso de diseño enfocándonos en aspectos particulares.

6.1.2 DESCOMPOSICIÓN FUNCIONAL

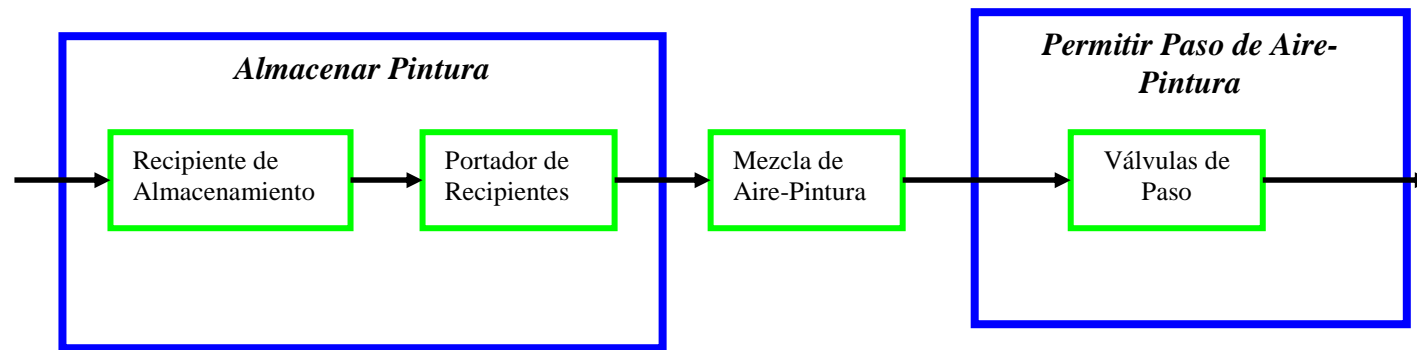
Figura 8. Descomposición funcional



Por medio de la descomposición funcional podemos conocer el funcionamiento general de la maquina y descifrar la rama crítica del proceso proporcionando información básica para sus estudios posteriores.

6.1.3 RAMA CRÍTICA Y DESGLOSE DE UNA SUBFUNCIÓN

Figura 9. Rama critica de una Subfunción



Este esquema nos muestra la rama crítica del proceso de una forma más detallada y precisa.

6.2 GENERACIÓN DE CONCEPTOS PARA SUBFUNCIONES

Después de seleccionar la rama crítica del proceso, es necesario generar diferentes conceptos que nos permita escoger el más viable y efectivo.

6.2.1. Recipiente de almacenamiento. El desempeño de la maquina exige un recipiente de almacenamiento con una forma ideal para el flujo (Lecho Fluido) de partículas que constantemente circula en un espacio cerrado y hermético.

Una buena distribución geométrica permite que el material depositado en el recipiente sea utilizado en su totalidad, evitando residuos que a largo plazo producen gastos innecesarios y corriendo el riesgo de producir tonalidades incorrectas cuando el proceso requiera un cambio de color de forma inmediata.

Teniendo en cuenta los aspectos mencionado anteriormente se tomaron los siguientes conceptos:

- 1. Recipiente cilíndrico
- 2. Recipiente cúbico
- 3. Recipiente Mixto

6.2.2. Equipo portador de recipientes. Tener un equipo que se encargue de portar los recipientes de pintura es algo sumamente necesario para un excelente funcionamiento del dispositivo.

Un diseño apropiado permite que el operario tenga un desempeño eficiente, cómodo y ágil en sus labores diarias de trabajo.

La ergonomía será un aspecto importante, teniendo en cuenta que el espacio de trabajo es reducido. Para ello se tuvieron en cuenta los siguientes conceptos:

- 1. Cajones
- 2. Módulos
- 3. Cartuchos

6.2.3. Válvulas de paso. Una posición estratégica de las válvulas de paso permitirá un aprovechamiento del material depositado en el recipiente teniendo en cuenta la distribución geométrica del mismo.

Se generaron los siguientes conceptos para cumplir los aspectos mencionados anteriormente:

- 1. Superior
- 2. Inferior
- 3. Frontal
- 4. Lateral
- 5. Posterior

6.2.4. Mezcla de aire-pintura. La aplicación de una pintura en forma correcta y uniforme exige un método de mezcla apropiado, con el fin de evitar grumos y ráfagas de aire que afecte el desempeño del dispositivo, produciendo texturas roñosas que no se adhieren con firmeza al material permitiendo desprendimientos de pintura que con el tiempo es carcomido por el deterioro sufrido gracias al contacto con el medio ambiente. Para ello se tuvo en cuenta los siguientes conceptos:

- 1. Circulación de Aire
- 2. Vibración
- 3. Balanceo

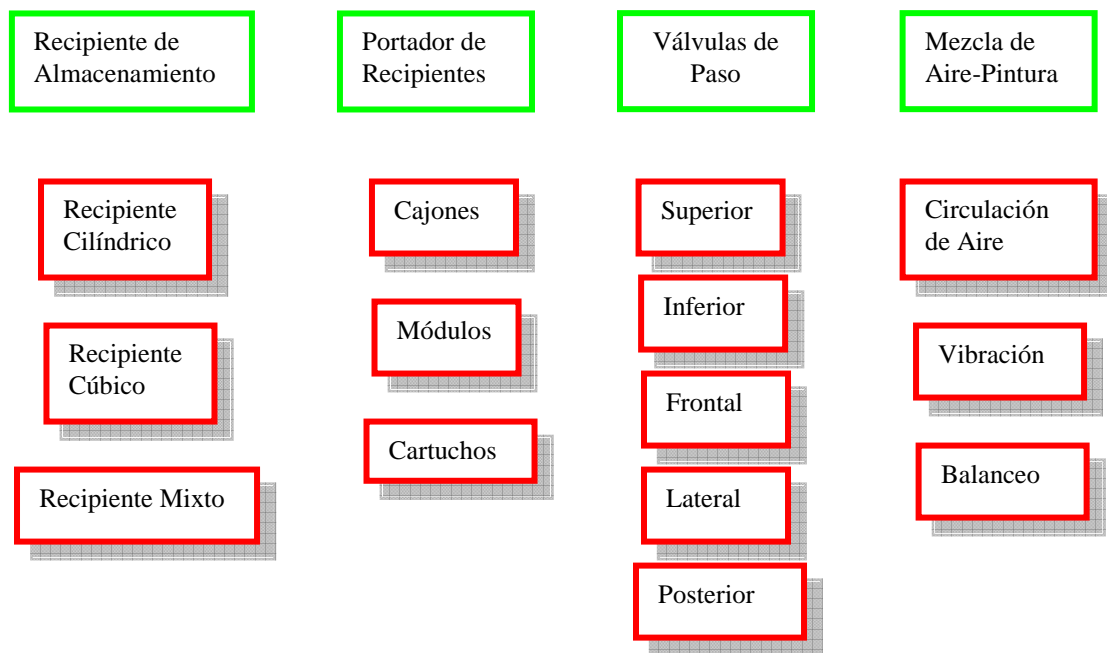
6.3 COMBINACIÓN DE CONCEPTOS

La combinación de conceptos es la forma correcta de identificar las posibles soluciones para las subfunciones y por consiguiente obtener una respuesta acertada para un problema de diseño.

Identificar la ruta más viable nos permite seguir con paso firme al siguiente nivel de diseño teniendo en cuenta que no todas las soluciones son realizables en la práctica y descartando conceptos que más adelante puedan retrasar el proceso. Aunque esto no significa ignorar la posibilidad de dar un paso atrás para implementar mejoras en el diseño del dispositivo.

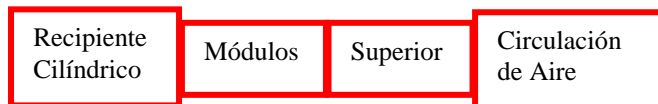
A continuación se puede observar los diversos conceptos tenidos en cuenta con sus posibles combinaciones:

Tabla 3. Combinación de conceptos



6.3.1. Concepto A.

Figura 10. Concepto A



Un recipiente de almacenamiento con forma cilíndrica es una opción a tener en cuenta para el desarrollo del dispositivo, ya que permite minimizar ángulos que pueden almacenar residuos de pintura y evitan explotar al máximo el consumo de pintura.

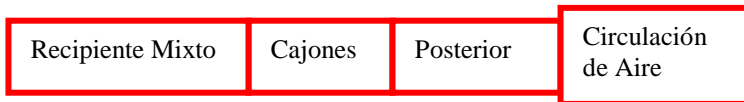
Portar los recipientes de almacenamiento por módulos no es buena elección para un lugar donde se pretende ahorrar el mayor espacio posible.

Ubicar las válvulas de aire y pintura en la parte superior del recipiente proporciona un buen flujo durante el proceso.

Combinar el aire con la pintura por medio de un movimiento constante de aire permite que exista un flujo homogéneo en la mezcla y por ende el recubrimiento sobre la superficie pintada es uniforme.

6.3.2. Concepto B.

Figura 11. Concepto B



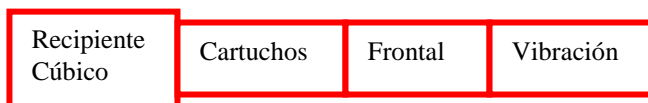
Este concepto permite fusionar el sistema de cajones, con el recipiente de almacenamiento mixto, que pretende evitar los ángulos en su parte interna para eliminar los residuos de pintura que se acumulan en el depósito, pero externamente su forma cúbica permite que se adapte con facilidad a un sistema donde se pueden acoplar varios recipientes sin preocuparse por el espacio que ocupen.

Posicionar las válvulas en la parte posterior facilita el mecanismo de funcionamiento, donde los cajones se desplazan constantemente en forma lineal.

Mezclar el aire con la pintura por medio de flujos constantes de aire es una excelente elección para superficies de pintado que exigen uniformidad en sus acabados.

6.3.3. Concepto C.

Figura 12. Concepto C



Como se dijo anteriormente, almacenar la pintura en recipientes que contengan ángulos tiene el inconveniente de generar residuos que no pueden ser utilizados y por el contrario genera tonalidades extrañas que puede empañar el desempeño de la maquina.

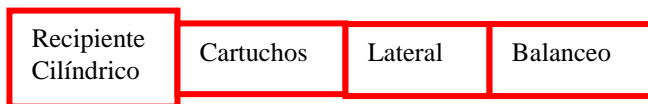
Portar los recipientes de almacenamiento por medio de cartuchos es una opción viable, pero con el inconveniente de contener poca cantidad de pintura, debido que con grandes cantidades su manipulación sería engorrosa.

Ubicar las válvulas en la parte frontal causaría incomodidad para el operario en su desempeño laboral.

Permanecer la pintura en constante movimiento por medio de vibraciones es un concepto valido, pero con limitaciones como por ejemplo el desajuste de los componentes que se encuentren involucrados en el mismo, permitiendo fugas en la parte interna del recipiente que en consecuencia afecta el funcionamiento del dispositivo.

6.3.4. Concepto D.

Figura 13. Concepto D



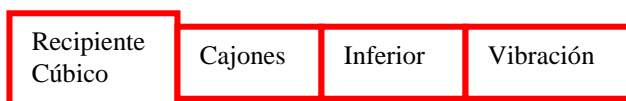
Contener los recipientes cilíndricos por medio de cartuchos facilita el proceso, ya que los residuos generados y el espacio utilizado serán mínimos teniendo en cuenta que el área de trabajo en industrias es sumamente reducida gracias a los diversos procesos manejados.

Situar lateralmente las válvulas podría presentar molestia en el operario para movilizar la maquina cuando lo requiera.

Balacear la pintura continuamente no es el método ideal para este tipo de procesos que cambian constantemente de peso, generando inestabilidad en la maquina.

6.3.5. Concepto E.

Figura 14. Concepto E



Un recipiente cúbico no es la mejor elección cuando de economizar se trata, pero almacenarlos por medio de cajones obtendrá mayor espacio de trabajo en áreas reducidas y la comodidad será un aspecto importante que se puede ganar aplicando este concepto.

Instalar las válvulas en la parte inferior puede afectar el funcionamiento de la maquina debido que la uniformidad de la mezcla se puede perder con el ingreso constante de grandes cantidades de pintura, y más aun cuando el movimiento repetitivo es inevitable gracias a las vibraciones, provocando fugas internas y desajustes en el dispositivos.

6.3.6 CONCEPTO F

Figura 15. Concepto F

Recipiente Mixto	Módulos	Superior	Balanceo
------------------	---------	----------	----------

Acompañar estos conceptos no es la forma más viable para un funcionamiento eficiente, ya que optar por un recipiente mixto con una distribución modular entraríamos a sobrediseñar la maquina desarrollando funciones inútiles y sin argumentos.

Situar las válvulas en la parte superior facilita la circulación de Aire-Pintura en la parte interna del recipiente de almacenamiento.

Balancear la pintura continuamente puede generar movimientos bruscos que proporcionan inestabilidad y desajustes en el dispositivo.

7. SELECCIÓN DE CONCEPTOS

Esta fase nos permite seleccionar el concepto más viable para ser implementado, a través de una matriz de tamizaje, que proporciona una calificación teniendo en cuenta unos criterios de selección. Para realizar este procedimiento es necesario tener un concepto de referencia con el cual podamos evaluar las alternativas expuestas

7.1 MATRIZ DE TAMIZAJE

Tabla 4. Selección de conceptos

Criterio de Selección	Conceptos						
	Ref.	A	B	C	D	E	F
Funcionalidad	0	0	+	0	0	-	-
Adaptabilidad	0	+	+	+	+	+	+
Confiabilidad	0	+	0	-	-	-	-
Costos	0	-	-	-	-	-	-
Soporte Técnico	0	+	+	+	+	0	+
Estética	0	+	+	0	-	+	+
Tamaño	0	-	+	-	-	-	-
Suma de (+)	0	4	5	2	2	2	3
Suma de (0)	7	1	1	2	1	1	0
Suma de (-)	0	2	1	3	4	4	4
Puntaje Neto	0	2	4	-1	-2	-2	-1
Clasificación	3	2	1	4	5	5	4
¿Continuar?	No	Si	Si	No	No	No	No

Desarrollar este método nos permite descartar conceptos que no justifiquen su desarrollo, teniendo en cuenta las especificaciones técnicas y los aspectos básicos para un desempeño notable en el dispositivo.

- **+** : Mejor que
- **0** : Igual que
- **-** : Peor que

7.2. REVISIÓN DE CONCEPTOS

Después de obtener los conceptos más viables a través de un método de descarte, es necesario realizar una nueva revisión, con el fin de determinar la propuesta indicada en un proceso donde no se debe discriminar ningún detalle que nos permita afinar los conceptos seleccionados y conseguir la combinación perfecta para un óptimo funcionamiento.

7.3. MATRIZ DE EVALUACIÓN

Tabla 5. Matriz de evaluación

Conceptos		A		B		Ref.
Criterio de selección	%	Nota	%	Nota	%	Nota
Funcionalidad	25	3	0.75	4.5	1.125	3
Adaptabilidad	20	4	0.8	4	0.8	3
Confiabilidad	10	4	0.4	4	0.4	3
Costos	10	3.5	0.35	3	0.3	3
Soporte Técnico	20	3.5	0.7	4	0.8	3
Estética	5	3.5	0.175	4	0.2	3
Tamaño	10	3.5	0.35	4.5	0.45	3
Puntaje neto		3.525		4.075		
Clasificación						
¿Continuar?		No		Si		

Esta matriz es realizada con el fin de evaluar los conceptos, por medio de unos criterios de selección con su valoración correspondiente, medida en porcentaje, teniendo en cuenta que la suma de todos sus criterios es un 100%, siendo necesario asignar una calificación de 1 a 5 a los conceptos más destacados de la matriz de tamizaje.

A continuación, tomamos un dispositivo como referencia base, con el fin de determinar la mejor opción para su posterior desarrollo. La calificación se realiza teniendo en cuenta las necesidades más importantes, con la siguiente escala:

- 1: Mucho peor que
- 2: Peor que
- 3: Igual que
- 4: Mejor que
- 5: Mucho mejor que

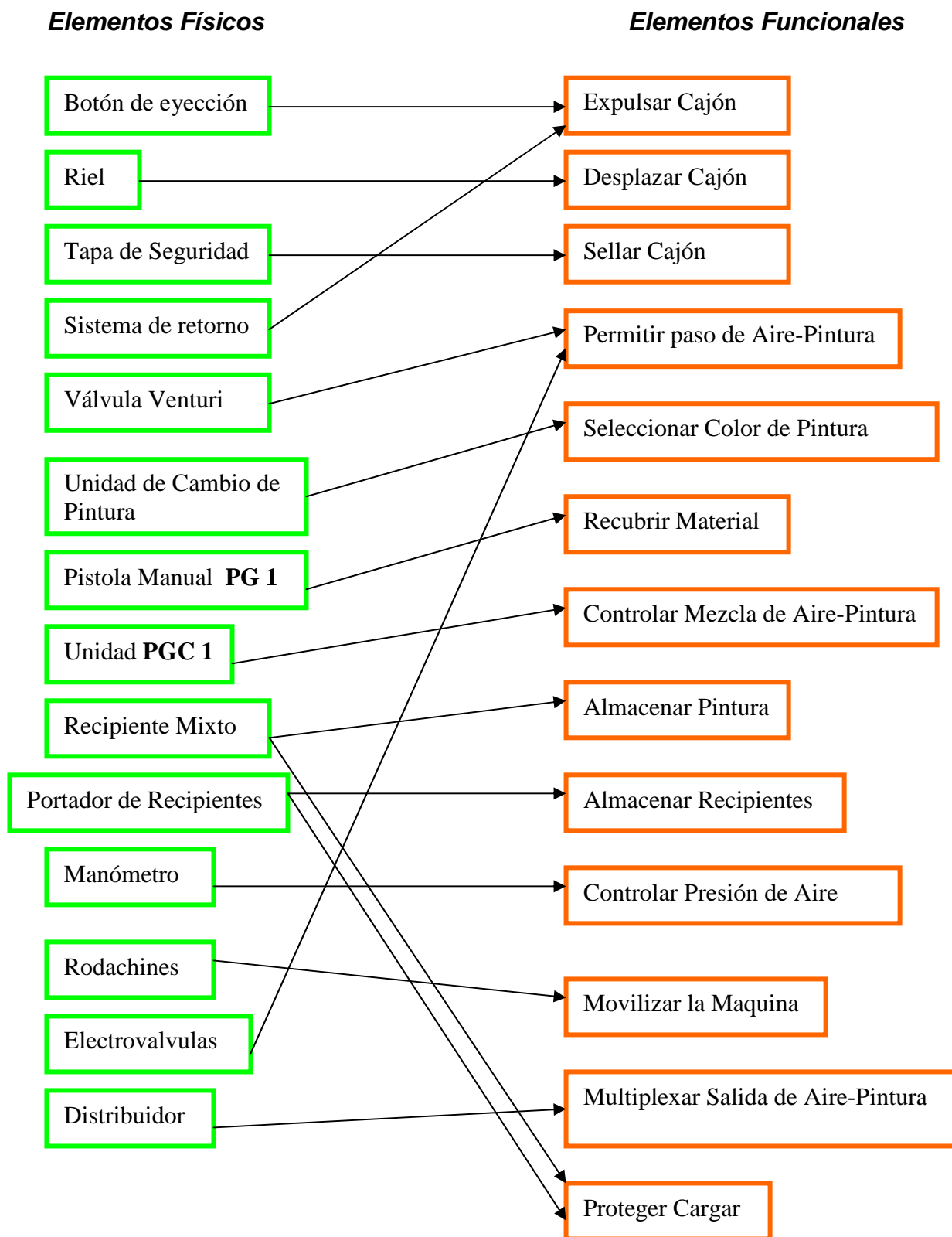
8. ARQUITECTURA DEL PRODUCTO

El sistema interior cilíndrico del recipiente proporciona un aprovechamiento total de la materia prima optimizando el proceso y minimizando los costos de producción. Su forma externa cúbica se ajusta con facilidad a un sistema de cajones permitiendo ubicar los recipientes uno encima de otro, con el fin de economizar espacio que puede ser utilizado para otro tipo de procesos.

Ubicar las válvulas de paso en la parte posterior del dispositivo facilita el mecanismo de acople, donde los cajones se desplazan linealmente en el momento de ser abastecidos. Y el empleo de circulación de aire para permanecer la pintura en constante movimiento es la elección apropiada para un proceso donde exige excelentes acabados.

8.1. INTERACCIONES ENTRE ELEMENTOS FÍSICOS Y FUNCIONALES

Figura 16. Interacción entre elemento físicos y funcionales

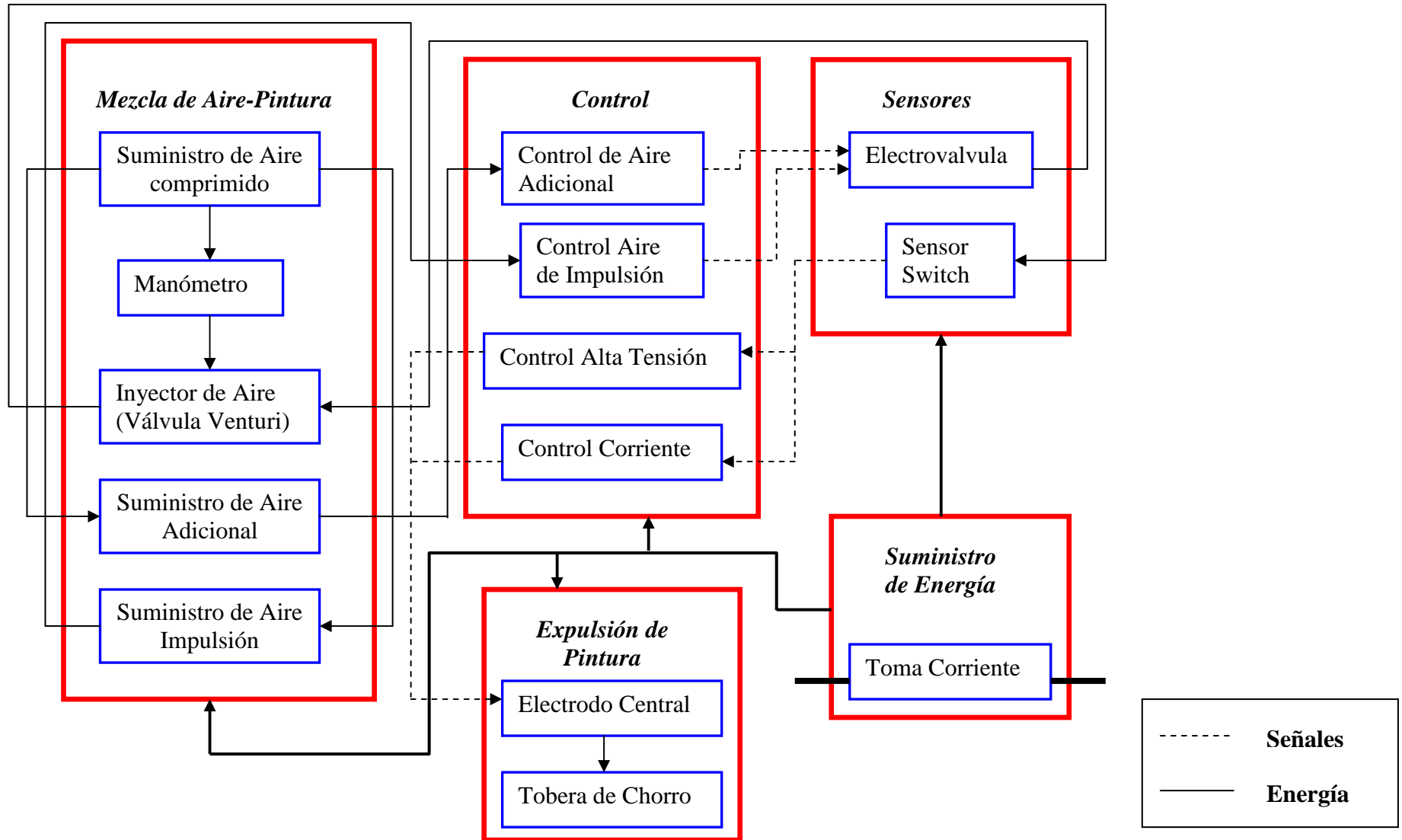


Relacionar elementos físicos con elementos funcionales nos proporciona información que puede ser muy útil para definir tareas que pasan desapercibidas, pero de suma importancia para un excelente desempeño. Por medio de este ejercicio tenemos la posibilidad de encontrar funciones que pueden ser desempeñadas por un elemento físico en particular, prestándose para un continuo rediseño en todas sus etapas de desarrollo.

8.2. ESQUEMA DEL PRODUCTO

A continuación se puede observar el arreglo de elementos funcionales en conjuntos físicos (chunks), que constituirán los elementos básicos del producto y el análisis de sus interacciones.

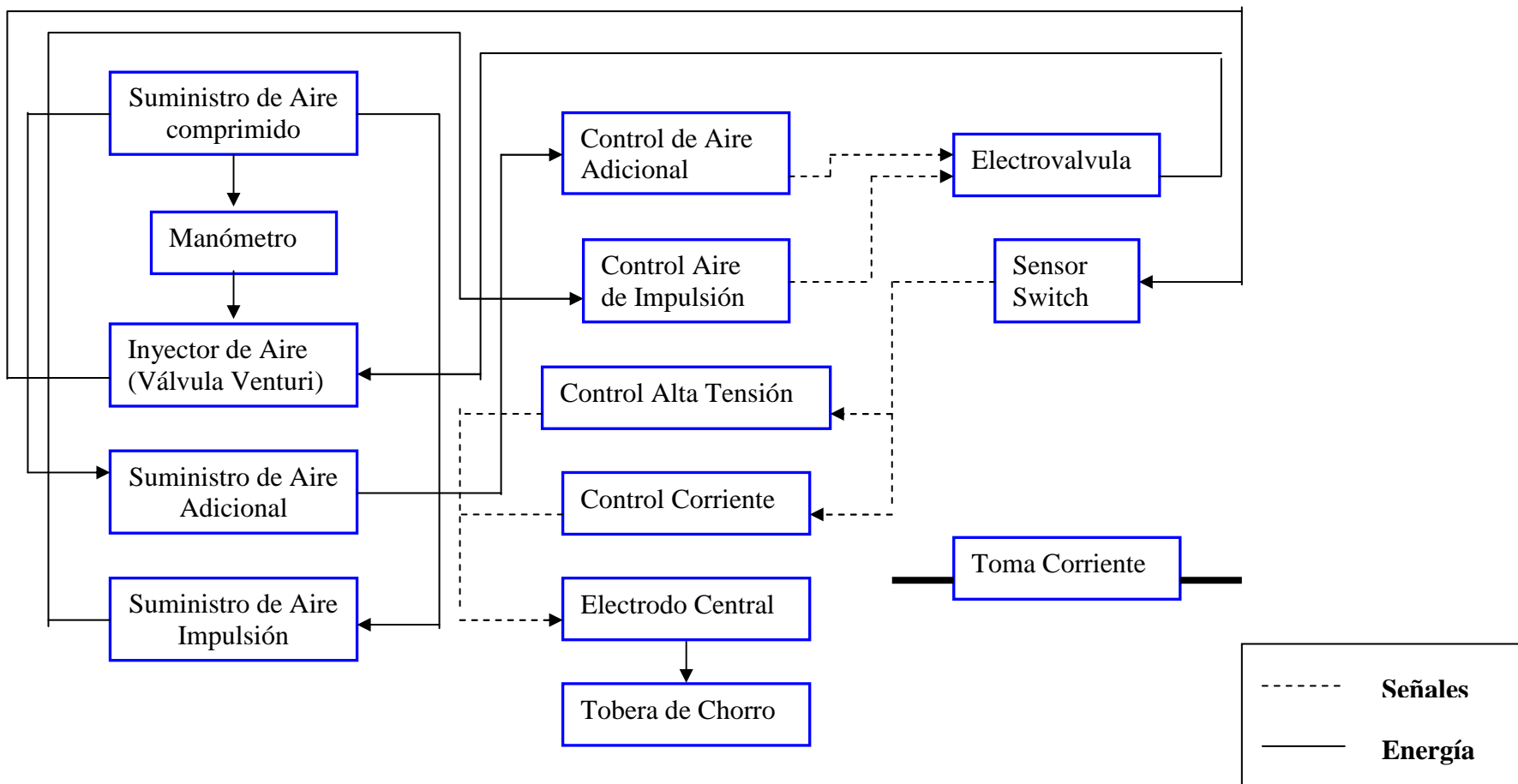
Figura 17. Esquema general del producto por bloques (Chunks)



8.3. IDENTIFICACIÓN DE INTERACCIONES FUNDAMENTALES E INCIDENTALES

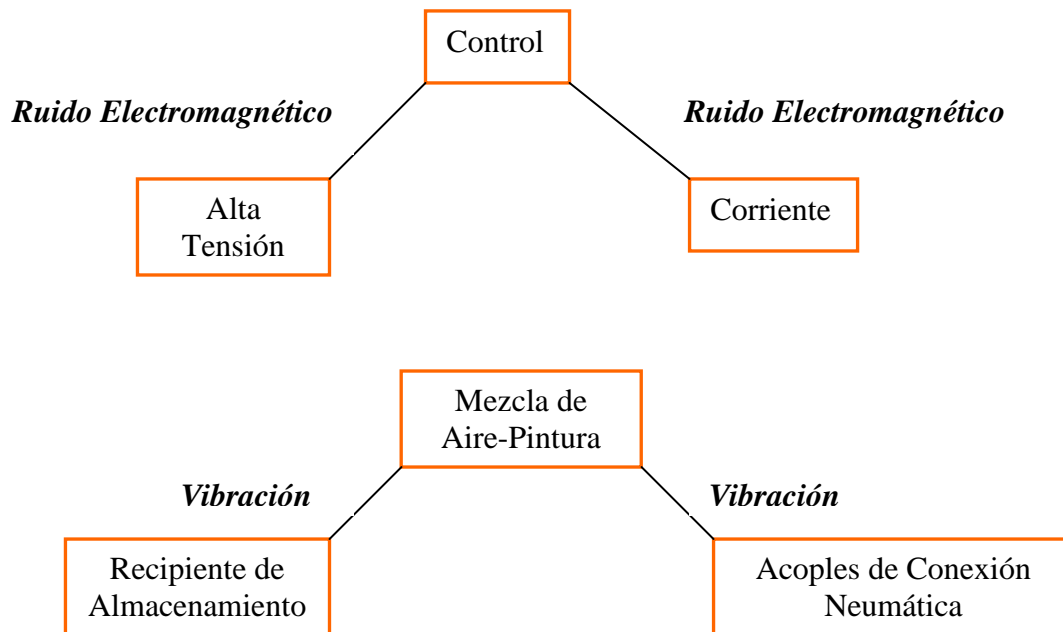
8.3.1 Interacciones fundamentales. Estas interacciones son las planificadas anteriormente y son normales en el funcionamiento del dispositivo.

Figura 18. Interacciones fundamentales



8.3.2. Interacciones incidentales. Desarrollar esta fase de diseño es fundamental para dispositivos de alta exigencia como este, ya que una mala distribución de los conjuntos significaría una total distorsión y/o interferencias entre ellos lo cual nos causaría un rediseño, retrasando su desarrollo.

Figura 19. Interacciones incidentales



8.4. ARQUITECTURA A DIFERENTES NIVELES

Teniendo en cuenta las interacciones entre elementos físicos y funcionales, podemos determinar que el sistema que está siendo objeto de estudio tiene una arquitectura modular, ya que las interacciones entre los conjuntos se encuentran bien definidas, es decir, la gran mayoría de los conjuntos desempeñan una y solo una función específica para el proceso general del dispositivo.

8.5. ARQUITECTURA DEL SISTEMA ELECTRÓNICO

Para definir el sistema electrónico del dispositivo es necesario diseñar un sistema de control para el cambio de color por medio de un panel, que nos permita agilizar el proceso hasta ahora obtenido, por uno más sobrio y práctico para el usuario.

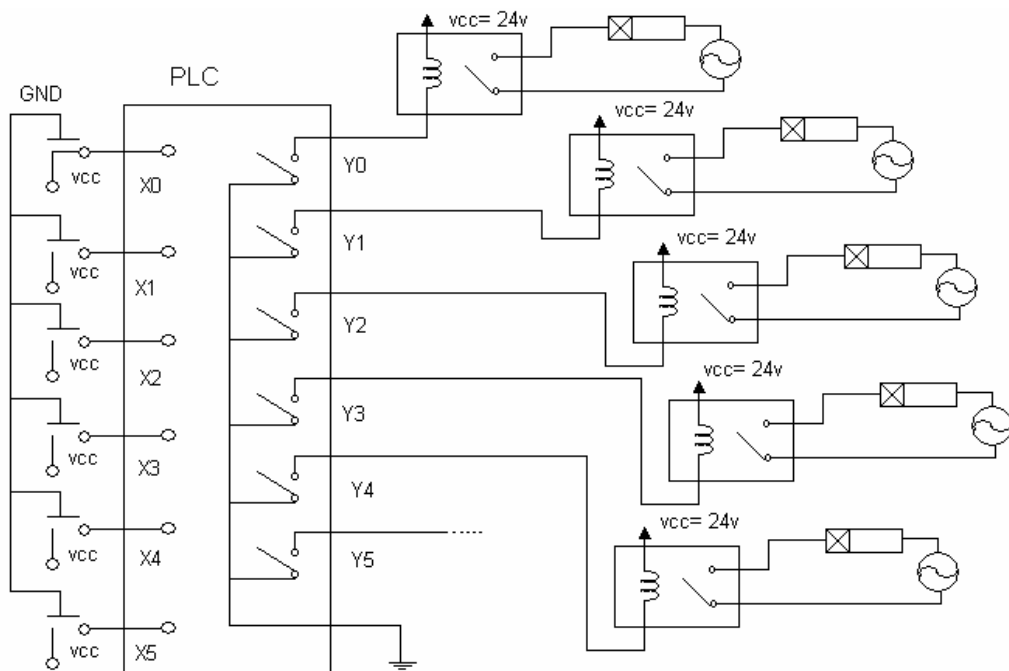
Este diseño debe permitir un control de limpieza de los conductos neumáticos para evitar obstrucciones y mezclas indeseadas de pintura. Para ello es necesario diseñar una estrategia de control robusta y capaz de implementar este tipo de necesidades en un ambiente donde el factor tiempo es una variable fundamental.

El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware y software amplía constantemente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales.

Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control, señalización, etc., por tanto, su aplicación abarca este tipo de procesos.

Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, etc., hace que su eficacia se aprecie en este tipo de procesos industriales.

Figura 20. Esquema electrónico general



9. DISEÑO INDUSTRIAL

9.1. VALORACIÓN DEL DISEÑO INDUSTRIAL

El diseño industrial es un aspecto determinante para un producto en desarrollo que exige crear conceptos y especificaciones que optimicen la función, valor y apariencia del mismo, ajustando un aspecto atractivo e influyente para el consumidor.

En el diseño industrial es preciso tener en cuenta dos necesidades muy importantes, como son la parte *estética*, que esta relacionado con el impacto visual del producto y la parte ergonómica, que se encuentra relacionado con todos lo aspectos de las interfaces con el usuario.

Teniendo en cuenta los puntos mencionados anteriormente podemos destacar aspectos como la facilidad que debe existir en la interfaces entre el usuario y la maquina, la seguridad, una apariencia agradable, facilidad de uso y mantenimiento, son detalles que permitirá resaltar el dispositivo ante sus competidores.

9.1.1. Ergonómicas. La ergonomía es un aspecto complementario pero sumamente necesario en el momento de diseñar un dispositivo, permitiendo una comunicación clara entre el usuario y la maquina, transfiriendo gráficamente el procedimiento básico que debe llevarse a cabo sin tener que recurrir a manuales complejos que terminan por confundir al operario.

Aunque el nivel de complejidad para el funcionamiento básico del dispositivo es bajo, es preciso que el operario tenga un conocimiento del comportamiento del mismo para realizar ajustes de variables como flujo, aire adicional, aire de barrido y aire de impulsión que nos permita aprovechar al máximo el desempeño de la maquina.

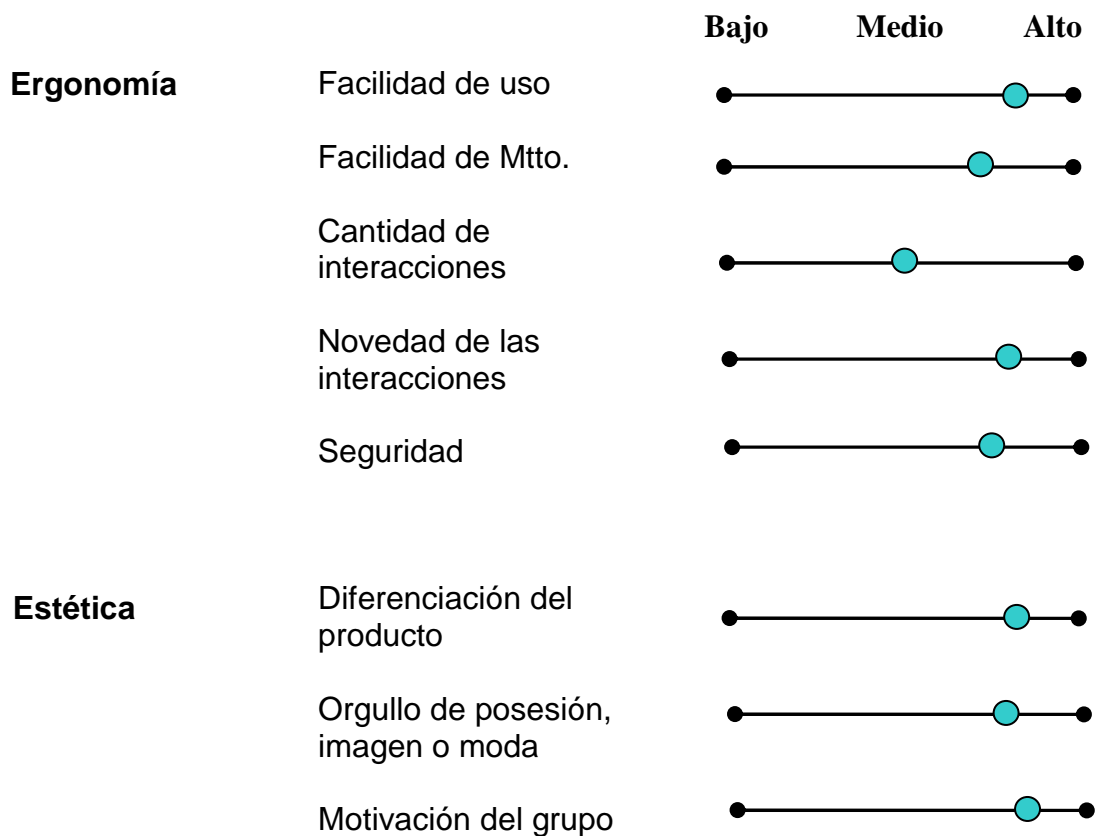
Existe una mayor complejidad para el mantenimiento, teniendo elementos electrónicos y neumáticos en su parte estructural, que exige un conocimiento avanzado para la manipulación de este tipo de instrumentos, aunque el intercambio de mangueras a causa del desgaste puede ser manejado por el operario, teniendo experiencia acerca del comportamiento diario de la maquina, evitando fugas que pueden trastornar significativamente su funcionamiento.

9.1.2. Estética. La estética es un aspecto tan importante como el mencionado anteriormente, ya que transferir nuestras ideas funcional y visualmente, nos permite llegar con más facilidad a un mercado tan competitivo que impone críticas constantemente con el fin de exigir al máximo un producto que satisfaga con las necesidades del cliente sin importar cuán dolorosas son.

Para ello es necesario plantear preguntas que permitan resolver este tipo de inconvenientes, teniendo en cuenta las personas indicadas para este objetivo y quien más que los directamente implicados en el proceso.

A continuación se puede observar de forma cualitativa los detalles mencionados anteriormente:

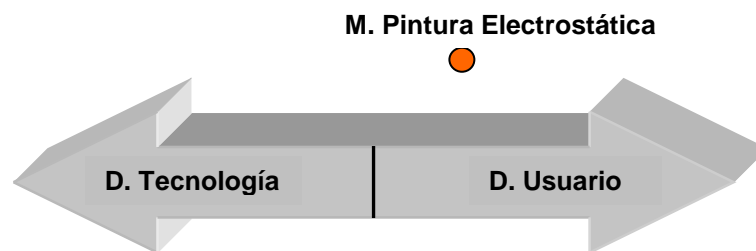
Tabla 6. Valoración del Diseño industrial



9.2. NATURALEZA DEL PRODUCTO

Tomando los conceptos mencionados anteriormente, podemos determinar que la naturaleza del proyecto en desarrollo se inclina hacia los productos dominados por el usuario, debido a la prioridad que existe en la parte estética y ergonómica sobre la parte técnica.

Figura 21. Naturaleza del producto



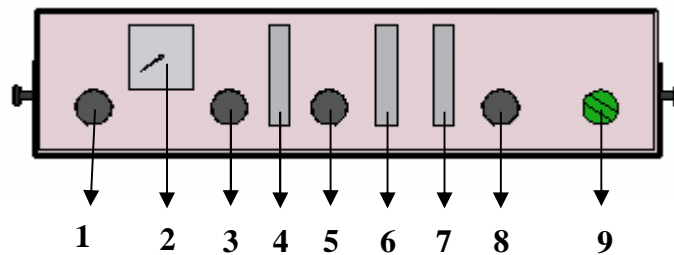
9.3. IMPACTO DEL DISEÑO INDUSTRIAL

Las observaciones que se presentan a continuación hacen referencia a la comunicación que debe existir entre la maquina y el usuario para un buen funcionamiento

9.3.1. Interfaces de usuario. El dispositivo es manejado a través de un panel de control, que permite encender y apagar el equipo por medio de una llave luminosa, a su vez se encuentra un potenciómetro que regula la corriente y la alta tensión. También posee un regulador de aire de barrido con su visualizador grafico, un botón regulador de aire adicional y otro de aire de impulsión con sus respectivos indicadores gráficos.

El objetivo es complementar este panel con otro que nos proporcione un sistema seleccionador de recipientes de pintura, teniendo un mecanismo adaptable que no modifique las condiciones actuales del panel original.

Figura 22. Panel de control para dispositivo de pintura



- 1. Regulador de Presión del Aire de Impulsión.
- 2. Indicador de Presión del Aire de Impulsión.
- 3. Regulador de Presión del Aire de Adicional.
- 4. Medidor de Flujo para el Aire de Impulsión y el Adicional.
- 5. Regulador de Presión para el Aire de Barrido.
- 6. Medidor de Flujo para el Aire de Barrido.
- 7. Indicador de Alta Tensión e Intensidad.
- 8. Potenciómetro para Alta Tensión e Intensidad.
- 9. Interruptor Principal.

9.3.2. Facilidades de mantenimiento y reparación. El mantenimiento que exige este tipo de dispositivos es bastante sencillo, permitiendo que el operario se compenetre totalmente y este en la capacidad de conocer su comportamiento en caso de irregularidades en su funcionamiento normal de trabajo.

Su gran facilidad de mantenimiento se debe al fluido que se maneja para llevar a cabo este proceso, ya que el material sólido (*Pintura*) es desplazado por medio de presiones de aire, obteniendo un proceso sobrio y poco desgastador para el mecanismo del equipo de pintura.

La reparación neumática también se puede considerar sencilla, pues los elementos que se encuentran en contacto con el entorno, son mangueras y válvulas que pueden deteriorarse debido a los constantes cambios de posición, exponiendo la maquina a movimientos bruscos que pueden desajustar las válvulas permitiendo fugas de aire o machacando las mangueras de conducción debido a este mismo fenómeno.

Es necesario que la reparación electrónica sea supervisada por personas especializadas en esta rama, para evitar distorsiones y funcionamientos

irregulares en equipos tan susceptibles a cambios, por mas insignificantes que parezcan.

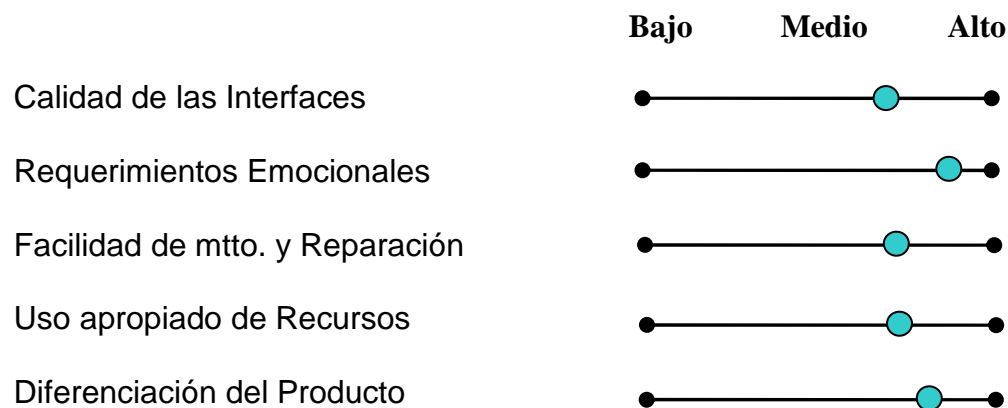
9.3.3. Uso adecuado de los recursos. Seguir el proceso de desarrollo adecuado ha permitido establecer conceptos que faciliten la toma de decisiones para un diseño apropiado, que sea capaz de cumplir con las expectativas del cliente de la forma más optima, teniendo en cuenta los materiales de fabricación (en términos de costo y calidad).

9.3.4. Diferenciación del producto. Implementar este dispositivo proporciona identidad y distinción para un equipo con ciertas limitaciones funcionales, buscando exclusividad en usuarios que requieran su servicio.

9.4 EVALUACIÓN DE CALIDAD DEL DISEÑO INDUSTRIAL

A continuación se observa de forma clara y de forma cualitativa la evaluación realizada a las técnicas de diseño industrial empleadas para la maquina de Pintura Electrostática **GEMA VOLSTATIC MPS 1-F**

Tabla 7. Evaluación de calidad del Diseño industrial



10. DISEÑO PARA MANUFACTURA Y ENSAMBLE

10.1. ANÁLISIS DEL DISEÑO PARA MANUFACTURA

Es una etapa clave del proyecto donde jugamos con variables que nos puede ayudar a reducir los costos de producción, sin sacrificar la calidad final del producto.

Para ello es necesario estudiar rigurosamente los materiales de fabricación que nos proporcionen un óptimo desempeño del dispositivo y previniendo futuros deterioros por su continuo contacto con sustancias o materiales abrasivos que pueden encontrarse en ambientes industriales.

Es necesario buscar un punto intermedio donde exista un equilibrio entre el costo y la calidad del producto definiendo un perfil competitivo en el mercado. Teniendo en cuenta todos estos detalles, se pudo determinar que fabricar el portador de recipiente con lámina acero (calibre 22) puede ser una excelente elección, proporcionando estabilidad y resistencia a una máquina que exige cambios de posición constantemente.

El recipiente de almacenamiento de pintura tendrá dos tipos de material en su parte estructural. La fabricación de su parte frontal será en lámina acero (calibre 22) y el depósito de polvo que se encuentra en su parte posterior se elaborará en acero inoxidable para evitar corrosiones debido al poco porcentaje de humedad transportada en el aire que nutre todo el sistema.

Estas decisiones se tomaron aprovechando que la empresa se encuentra en la capacidad de fabricar la mayor parte del dispositivo, economizando en un gran porcentaje la mano de obra del mismo.

En cuanto al sistema electrónico es necesario un PLC industrial que se encuentre en la capacidad de controlar la salida de los diferentes colores de pintura y electroválvulas que permitan el paso del fluido.

10.1.1 LISTA DE COMPONENTES GENERAL

Tabla 8. Lista de componentes

Componentes	Cantidad	Costo Unitario Estimado (\$)	Costo Total (\$)
Lamina Metálica (1.22m x 2.44m)	1	\$43.000	\$44.223
Acero inoxidable(1.22m x 2.03m)	1	\$232.000	\$35.972
Rodachines	4	\$1.595	\$6.380
Selectores	8	\$27.000	\$216.000
Manijas	7	\$9.000	\$63.000
varilla	1	\$7.500	\$3.000
Rieles (45cm)	10	\$4.750	\$47.750
Acople rápido	20	\$3.500	\$70.000
Electrovalvulas	5	\$35.000	\$175.000
Relevadores	5	\$22.000	\$110.000
PLC Industrial (NAIS FPO-C14RS)	1	\$650.000	\$650.000
Regulador de presion	1	\$75.000	\$75.000
Pintura(kg)	1	\$20.000	\$20.000
Manguera	10	\$8.000	\$160.000
Costos indirectos	1		\$301.739
Total		\$1'138.345	\$1'978.064

- **Costos indirectos:** 18% del total de la materia prima

10.2. REDUCCIÓN DE COSTOS DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

Conocer proveedores de compañías como Hego Offis Ltda., nos permite minimizar costos de fabricación, teniendo en cuenta que la empresa consume significativamente materiales metálicos como lamina acero (calibre 22) y accesorios (manijas, rodachines, rieles y otros) usados para la fabricación de equipos de oficina, son aspectos determinantes para la posterior elaboración del dispositivo.

11. PROTOTIPADO

11.1. PROTOTIPOS UTILIZADOS Y SUS FUNCIONES

Durante el desarrollo del dispositivo se tuvo en cuenta diferentes prototipos puntualizando en sus ventajas y desventajas para un funcionamiento práctico y eficiente.

11.1.1. Prototipo #1. El equipo POWDERTRONIC AN-11, ha sido diseñado para quienes se inician en la aplicación de pintura en polvo por su facilidad de operación.

No se requiere ser un pintor experto, debido a que la fuente de poder viene preajustada electrónicamente y los controles neumáticos para el ajuste del flujo de polvo se encuentran integrados en la misma pistola.

No obstante su sencillez, resulta adecuado para pequeñas producciones o producción continua, debido a su gran capacidad de trabajo.

Figura 23. Dispositivo de pintura electrostática POWDERTRONIC AN-11



Fuente: Equipos para aplicaciones de pintura electrostática [en línea]. Naucalpan (México): POWDERTRONIC, 2006. [Consultado 20 de Octubre de 2006]. Disponible en Internet: <http://www.powdertronic.com/equipos/equipos.html>

Es un prototipo fácil de usar y de portar, gracias a un sistema preajustado del control de flujo y neumático, limitando al operario a la función de pintar, contiene una pistola de polarización con sus respectivas boquillas de aspersión.

Su deposito fluidificador es fabricado en acero inoxidable con una dimensión de ϕ 26 X h 60 cm con una capacidad para 17 litros, con su propia bomba alimentadora.

11.1.2. Prototipo #2. El equipo SIEPH 2011 de Aplicación Electroestática para recubrimientos en polvo termoconvertibles, para aplicación manual con su respectivo panel de control para el flujo de polvo deseado por el operario. Con la posibilidad de trabajar con baja cantidad de pintura para pequeñas producciones.

Figura 24. Dispositivo de pintura electrostática *SIEPH 2011*



Fuente: Equipos para aplicaciones de pintura electrostática [en línea]. Buenos Aires (Argentina): EPHA S.A, 1996 [Consultado 20 de Octubre de 2006]. Disponible en Internet: <http://www.ephacom.ar/equipo2001.htm>

Es un prototipo versátil, debido a su contenedor de polvo en forma cónica con lecho fluidizado de 25 kg de capacidad. Una pistola de aplicación marca sieph EPH 98 con sus boquillas de aspersión.

También posee un sistema de control electroneumático en racks de lectura horizontal, con sus respectivos cables y mangueras para conexionado interno.

11.1.3. Prototipo #3. El equipo SIEPH 1 S4 de Aplicación Electroestática de Recubrimientos en Polvo Termoconvertibles, para aplicación manual y producciones bajas.

Posee su propio tablero de mando para un control personal del flujo de polvo.

Figura 25. Dispositivo de pintura electrostática SIEPH 1 S4



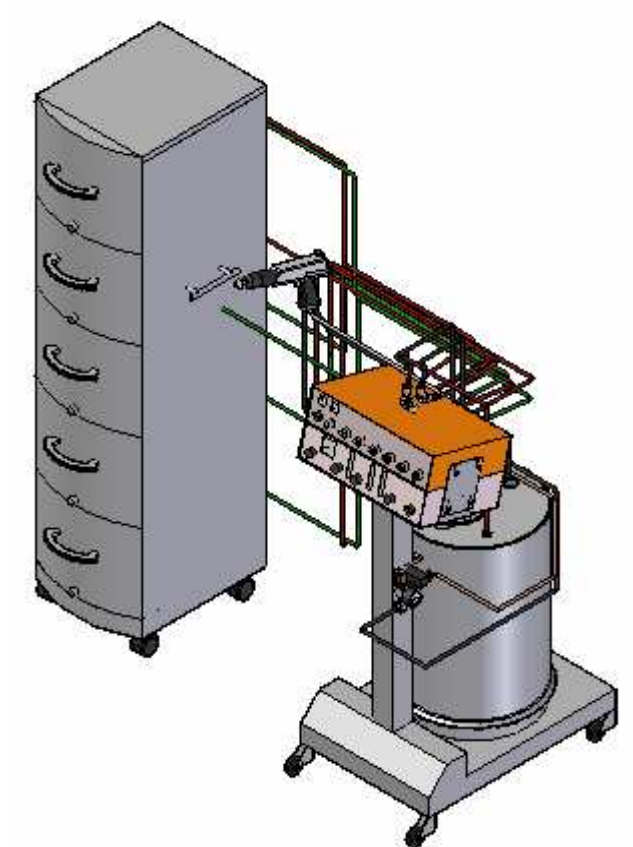
Fuente: Equipos para aplicaciones de pintura electrostática [en línea]. Buenos Aires (Argentina): EPHA S.A, 1996 [Consultado 20 de Octubre de 2006]. Disponible en Internet: <http://www.ephacom.ar/equipo2001.htm>

Es un prototipo práctico, para bajas producciones, teniendo en cuenta el diseño de su contenedor soportado por una base inclinada vibrante, accionada por motores trifásicos y un sistema de brazo articulado rebatible con bomba generadora de vacío, tipo Venturi, para extracción de la pintura del interior de la caja.

Posee un sistema de control electroneumático en racks de lectura horizontal, con comandos para aplicación manual.

11.1.4. Prototipo #4. Para el desarrollo de este dispositivo fue indispensable tomar las cualidades y defectos que nos pueden brindar los prototipos anteriormente mencionados.

Figura 26. Prototipado del nuevo dispositivo de pintura electrostatica



12. DISEÑO DETALLADO

Teniendo en cuenta los diferentes pasos que se siguieron para determinar la viabilidad del diseño obtenido, es pertinente exponer de forma clara y precisa, los diferentes componentes que conforman la totalidad del dispositivo. Par ello, partiremos con el estudio del recipiente de almacenamiento para pinturas.

12.1. RECIPIENTE DE ALMACENAMIENTO PARA PINTURAS

Para el desarrollo de esta parte del dispositivo, fue necesario tener en cuenta que en su interior circularía constantemente un flujo de aire, que exige un sistema completamente hermético para un funcionamiento óptimo. Para ello, convino usarse un material elástico que cumpla el papel de empaque o sellante para evitar fugas de aire.

Implantar la compuerta en la parte superior del recipiente permitirá un esparcimiento homogéneo de la pintura en el momento de su abastecimiento. Su forma versátil proporciona un aprovechamiento total de la pintura depositada. Y su parte frontal adquiere una forma particular que permite distinguirse ante productos de esta gama.

El sistema de entrada y salida de flujos se encuentra estratégicamente posicionado en la parte posterior del recipiente, facilitando la conexión con las válvulas de escape rápido, asegurando las vías de conducción de una forma sencilla y segura.

En su parte lateral posee rieles de deslizamiento que proporcionan estabilidad y afianzamiento en un mecanismo que requiere robustez debido a sus constantes cambios de sitios, ocasionando desajustes en el dispositivo.

Figura 27. Recipiente de almacenamiento para pinturas

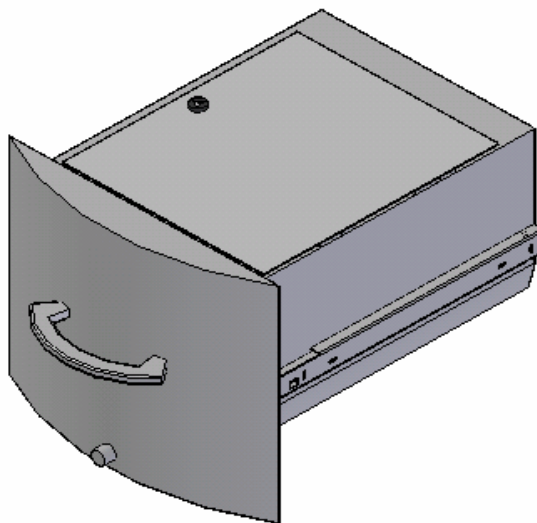


Figura 28. Vista de perfil acotada

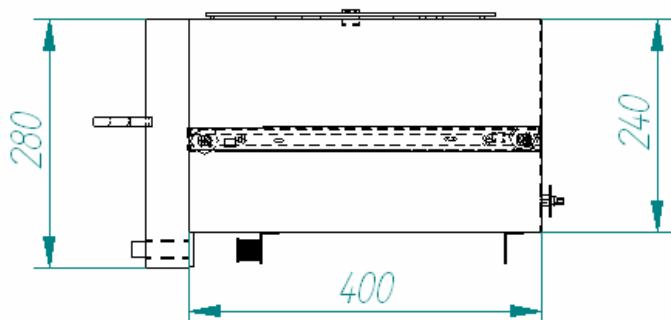


Figura 29. Vista superior acotada

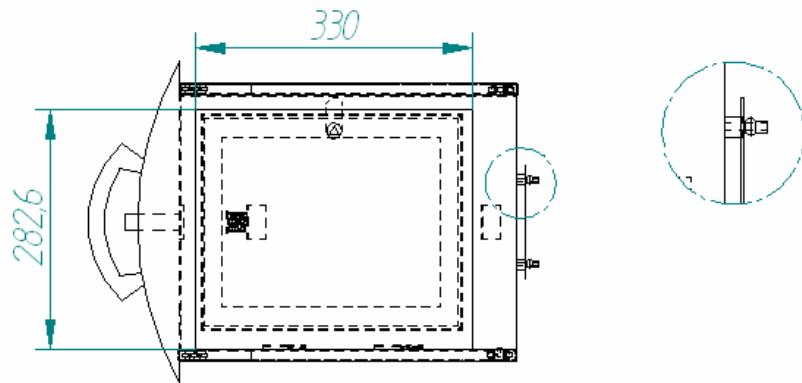


Figura 30. Vista posterior acotada

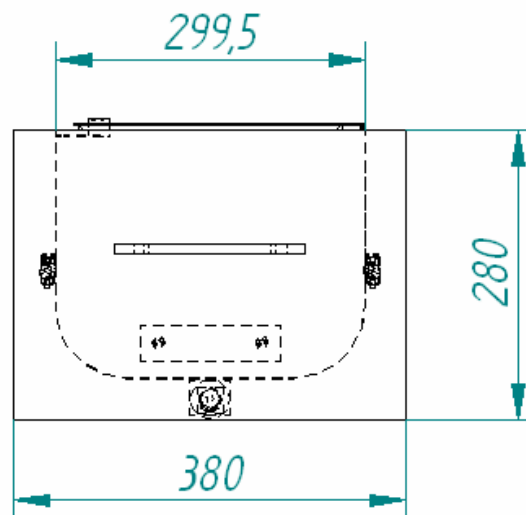
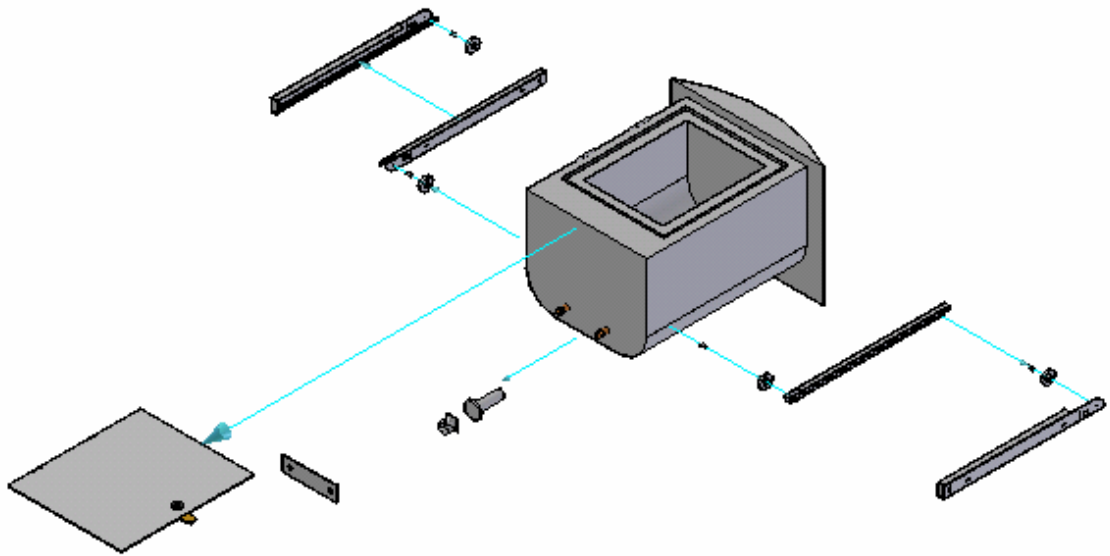


Figura 31. Vista explosionada del recipiente de pintura

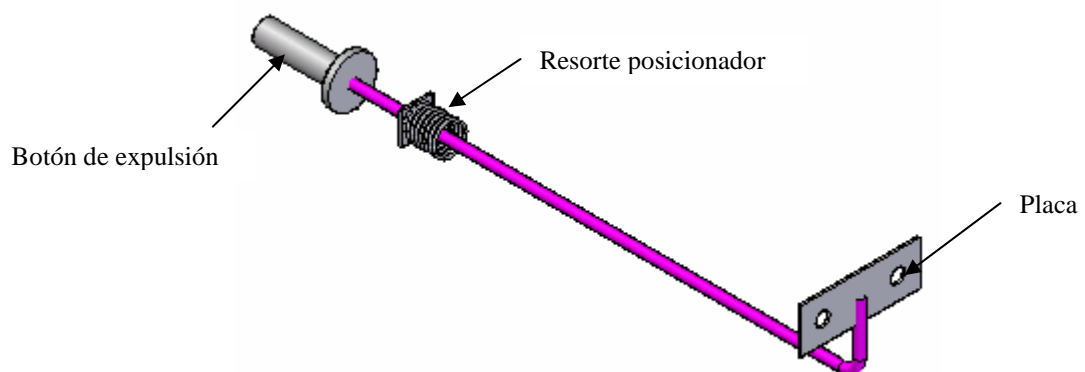


12.2. SISTEMA DE EXPULSIÓN DE VÁLVULAS

Desarrollar un sistema de expulsión para el recipiente, contribuye a mejorar el proceso de abastecimiento donde exige un mecanismo práctico para un procedimiento rutinario en un ambiente industrial.

Este componente permite desconectar las válvulas por medio de un desplazamiento lineal, en el momento de oprimir el botón, ocasionando que la placa oprima las camisas de las válvulas.

Figura 32. Sistema de expulsión de válvulas



12.3. SISTEMA PORTADOR DE RECIPIENTES

Desarrollar el sistema portador de recipientes de una forma vertical, permite economizar espacio, que puede ser empleado para otro tipo de procesos. También facilita la manipulación del artefacto, debido a su comodidad y su particular similitud a un archivador de oficina.

El diseño requiere de refuerzos fabricados en el mismo material que proporciona mayor firmeza, teniendo en cuenta que en el peor de los casos portara cinco (5) recipientes con un peso de 5kg cada uno.

Figura 33. Sistema portador de recipientes

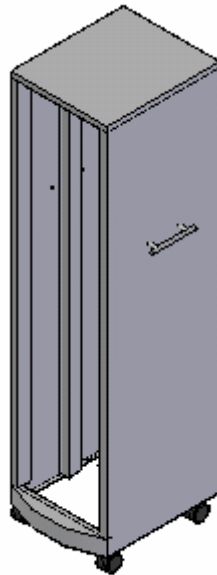


Figura 34. Vista frontal acotada

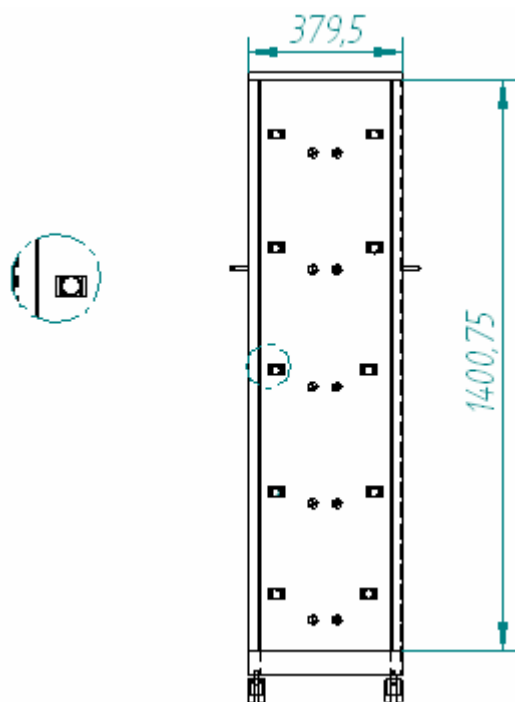


Figura 35. Vista de perfil acotada

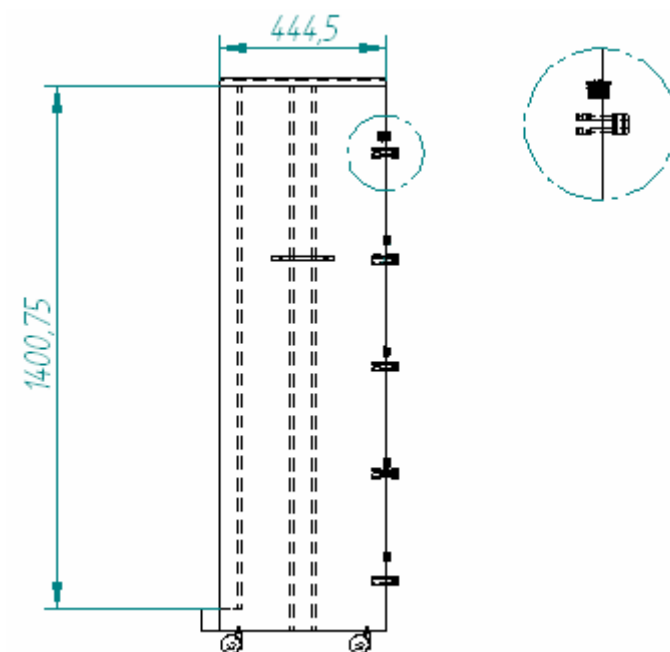
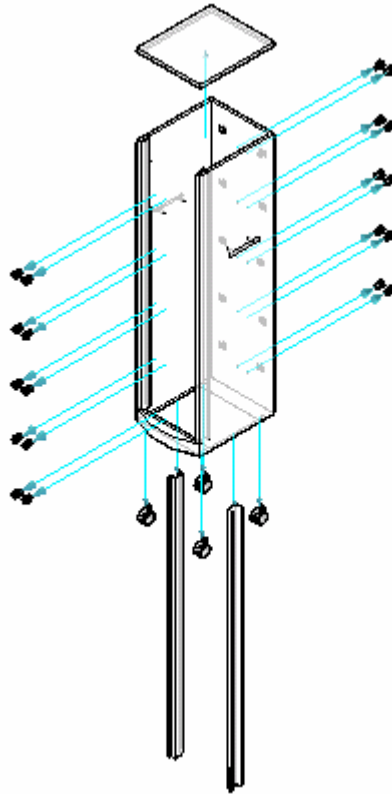


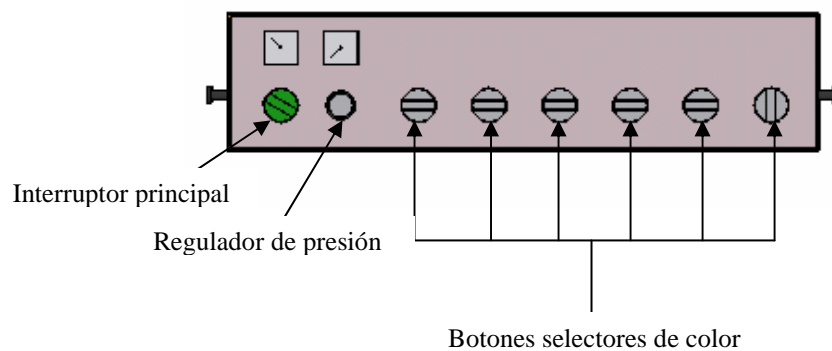
Figura 36. Vista explosionada del portador de recipientes



12.4. PANEL SELECTOR DE COLORES

Es un diseño pensado para operarios, con poca experiencia en el manejo de este tipo de dispositivos, teniendo en cuenta que la comunicación entre el usuario y la maquina es sumamente claro y sencillo.

Figura 37. Panel selector de colores



12.5. DISEÑO ELECTRÓNICO

Controlar el sistema de entrada y salida de polvo por medio de un PLC industrial fue la forma más apropiada de minimizar los tiempos de diseño y garantizarnos el buen desempeño del dispositivo.

Para ello, fue necesario investigar las diferentes gamas de autómatas programables que nos brindan en el mercado, teniendo en cuenta sus especificaciones de funcionamiento y reforzando nuestros conceptos con personas especializadas en el tema. Se pudo concluir que el “PLC de bolsillo” **Nais FPO-C14RS**, es el dispositivo apropiado para controlar este tipo de sistemas, proporcionando economía, garantía, y es el apropiado para espacios limitados.

Figura 38. PLC Nais FPO-C14RS



Fuente: Plc industrial [en línea]. Ontario (Canadá): Panasonic, 2006 [consultado 28 Octubre de 2006]. Disponible en Internet: http://pewa.panasonic.com/acsd/motion-control/plc_expansions

A continuación se puede observar las especificaciones técnicas tenidas en cuenta para optar por este tipo de PLC.

12.5.1. Especificaciones del funcionamiento.

Tabla 9. Especificaciones del funcionamiento

Artículo	FPO-C14RS
Puntos E/S	Total:14 Entrada: 8 Salida: 6
Memoria de programación	EEPROM incorporado(no necesita baterías)

Capacidad de programación	2,720 pasos	
Velocidad de operación	0.9 pasos, instrucción básica	
Instrucción Nivel básico/Alto	81/104	
Entrada externa (X)	208 puntos (X0 hasta X12F)	
Salida externa (X)	208 puntos (Y0 hasta Y12F)	
Rele interno (R)	1,008 puntos (R0 hasta R62F)	
Rele interno especial (R)	64 puntos (R9000 hasta DT903F)	
Temporizador/Contador (T/C)	144 puntos (T0 hasta T99/C100 hasta C143)	
Registrador de datos (DT)	1,660 palabras (DT0 hasta DT11659)	
Registrador de datos especiales (DT)	70 palabras (DT9000 hasta DT9069)	
Registrador de índice (IX, IY)	2 palabras	
Rele de control maestro	32 puntos (MCR)	
Etiqueta (JMP, LOOP)	64 puntos	
Pasos en escalera	128 etapas (SSTP)	
Subrutina	16 Subrutinas (SUB)	
Programas de interrupción	7 programas (6 entradas, 1 por tiempo)	
Funciones Especiales	Entrada de captación de impulsos	Total 6 puntos (X0 T0 X5)
	Entrada de interrupción	
	Tiempo de interrupción	0.5 ms hasta intervalos de 30s
	Escrutinio constante	Disponible
Funcion de autodiagnostico	Temporizador "watchdog", cheque de programas	
Contador de alta velocidad	4(fase simple hasta un total de 10KHz); 2(fase A/B hasta un total de 2 KHz)	
Salida de impulso	2 puntos (Y0, Y1) de hasta un total de 10 KHz. Rampa automática de subida/bajada	
Salida PWM	2 puntos (Y1, Y1) hasta de 26 Hz con resolución de 0.1%	
Respaldo de data	16 palabras	
Contraseña	1 nivel (El usuario no tiene acceso al programa sin la contraseña)	

12.5.2. Especificaciones generales.

Tabla 10. Especificaciones generales

Articulo	Descripción
Voltaje de operación nominal	CD 24 v \pm 10%

Consumo de corriente nominal	100 mA o menos (150 mA o menos cuando esta conectado el programador FP II)
Temperatura ambiental	0 ° C hasta +55 ° C (32 ° F hasta +131 ° F)
Humedad ambiental	30% hasta 85% RH (no-condensante)
Temperatura de almacenamiento	-20 ° C hasta +70 ° C (-4 ° F hasta +158 ° F)
Resistencia de vibración	10Hz hasta 55Hz, 1 ciclo/min: amplitud doble de 0.75 mm 0.30 pulgadas, 10 min. Sobre 3 ejes.
Resistencia de choques	Choque de 98 m/s ² o mas, 4 veces sobre 3 ejes.
Inmunidad al ruido	1.000 Vp-p con anchura de impulso de 50ns y 1 μs (basado en medidas internas)
Peso	Aprox. 100 g (3.53oz)

124.5.3. Especificaciones de e/s y especificaciones de entrada del circuito interno.

Tabla 11. Especificaciones de E/S y especificaciones de Entrada del Circuito interno

Articulo	Descripción
Método de aislamiento	Acoplado óptico
Voltaje nominal de entrada	CD 24V ± 10% (sumidero/fuente)
Corriente nominal de entrada	Aprox. 4.3 mA(a CD 24v)
Impedancia de entrada	Aprox. 5.6kΩ
Corriente máxima de entrada	4.8 mA o menos
Puntos de entrada por común	8 puntos/común
Voltaje/Corriente de ON	19.2 V o menos/3 mA o menos
Voltaje/Corriente de OFF	2.4 V o menos/1 mA o menos
Tiempo de respuesta ON ↔ OFF	50 μs o menos (a X0, X1) 100 μs o menos (a X2 hasta X5) 2 ms o menos (a X6, X7)
Indicador de modo de operación	LED

12.5.4. Especificaciones para salida de relé.

Tabla 12. Especificaciones para salida de relé

Articulo	Descripción
Tipo de salida	Normalmente abierto (1 forma A)
Capacidad nominal	CA 2A 250V, CD 2A 30V
Tiempo de respuesta ON ↔ OFF	10 ms o menos
ON ↔ OFF	8 ms o menos
Vida mecánica	20,000,000 operaciones o mas
Vida eléctrica	100,000 operaciones o mas
Indicador de modo de operación	LED

12.5.5. Especificaciones para salida de transistor.

Tabla 13 Especificaciones para salida de transistor

Articulo	Descripción
Tipo de salida	Colector abierto NPN (sumidero)
Voltaje de salida	CD 21.6 hasta 26.4 V
Corriente de salida	0.1 A/punto; 1.6 A/común
Tiempo de respuesta ON ↔ OFF	1 ms o menos 100 μs o menos
Corriente de irrupción	0.3 A
Corriente de fuga en OFF	100 μA o menos
Caída de tensión	1.5 V o menos
Indicador de modo de operación	LED

13. PRESUPUESTO GENERAL

A continuación se puede observar el presupuesto general obtenido para el desarrollo del dispositivo

Tabla 14 Presupuesto general

Característica	Costo
Componentes General	\$1'978.064
Costo mano de obra	\$80.000
Costos mano de obra ingeniero	\$1'400.000
Costos mano de obra alumno	\$1'400.000
Costos asesor académico	\$800.000
Total	\$5'658.064

14. CONCLUSIONES

- Seguir este método de trabajo proporcionó gran ayuda, para seleccionar los conceptos apropiados e ignorar aquellos desacertados que podrían retrasar el proceso de diseño, ya sea por su ineficiencia o por su rentabilidad.
- Desarrollar este proyecto ha permitido poner a prueba los conocimientos obtenidos durante el transcurso de la carrera y fortalecer ideas que no fueron bien aprendidas, gracias a la complejidad y versatilidad del dispositivo.
- Tener esta experiencia resulta significativo, ya que afrontar este tipo de problemas ayuda a poner a prueba nuestros conocimientos en situaciones reales de trabajo, teniendo en cuenta que es un buen inicio para personas que empiezan a descubrir un mundo nuevo donde la experiencia es un factor fundamental para surgir en un mercado tan competitivo.
- Aplicar esta técnica para cualquier tipo de dispositivo es un aspecto fundamental para un diseño eficiente y con grandes aspiraciones de sobresalir en un mercado tan exigente.
- Las necesidades planteadas por los clientes proporcionan una guía para la toma de decisiones durante el proceso de desarrollo de nuestro producto.
- La documentación es fundamental para un futuro mejoramiento del dispositivo, ya que es una guía del procedimiento seguido, de los cálculos y elementos tanto mecánicos, como electrónicos que se usaron en el desarrollo del producto
- Los métodos estructurados son de gran utilidad para el desarrollo de proyectos de diseño, los cuales intentan agotar todas las posibilidades del mercado y experiencia como fuentes de información.

BIBLIOGRAFÍA

Dispositivos de Pintura electrostática [en línea]. Madrid (España): SPRAYMAQ, S.A, 2006. [Consultado 23 de Julio de 2006]. Disponible en Internet: <http://www.spraymaquingenieria.com/sa/indexsa.htm>

Equipos para aplicaciones de pintura electrostática [en línea]. Buenos Aires (Argentina): EPHA S.A, 1996. [Consultado 20 de Octubre de 2006]. Disponible en Internet: <http://www.epha.com.ar/equipo2001.htm>

Equipos para aplicaciones de pintura electrostática [en línea]. Naucalpan (México): POWDERTRONIC, 2006. [Consultado 20 de Octubre de 2006]. Disponible en Internet: <http://www.powdertronic.com/equipos/equipos.html>

Equipos para aplicación electrostática [en línea]. Meylan (Francia): SAME technologies, 2006. [Consultado 19 de Agosto de 2006]. Disponible en Internet: http://www.sames.com/Downloadsam/Leafleats/Espanol/PPH388_R_A4_Es.pdf

Gema volstatic [en línea]. Indianápolis (USA): ITW Gema, 2006. [Consultado 12 de Junio de 2006]. Disponible en Internet: <http://www.itwgema.com/info/powdercoating.html>

Plc industrial [en línea]. Ontario (Canadá): Panasonic, 2006. [consultado 28 Octubre de 2006]. Disponible en Internet: http://pewa.panasonic.com/acsd/motion-control/plc_expansions