





ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE UNA LINEA DE PUERTAS PARA  
VEHICULOS RENAULT EN LA PLANTA DE SOFASA ENVIGADO.

JUAN CAMILO ESCOBAR NARANJO  
JUAN CARLOS OCAMPO RESTREPO

UNIVERSIDAD EAFIT  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA  
MEDELLÍN  
2006

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE UNA LINEA DE PUERTAS PARA  
VEHICULOS RENAULT EN LA PLANTA DE SOFASA ENVIGADO.

JUAN CAMILO ESCOBAR NARANJO  
JUAN CARLOS OCAMPO RESTREPO

Proyecto de Grado.

Asesor principal  
CARLOS ANDRÉS AGUILAR  
Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD EAFIT  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA  
AREA DE PROYECTOS  
MEDELLÍN  
2006

A nuestras familias que apoyaron y forjaron a lo largo de nuestras vidas lo que ahora hacemos, somos y logramos.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Sofasa por permitirnos aplicar y desarrollar los conocimientos adquiridos durante la carrera en un proyecto propio. A nuestro asesor quien se encargo de que este proyecto llegara sus resultados de manera correcta y oportuna. A nuestras familias por apoyarnos en este largo camino y a todas las personas que hicieron posible la realización de este proyecto.

## TABLA DE CONTENIDO

	pág.
1. PRESENTACIÓN	14
2. ANTECEDENTES	16
3. OBJETO DE ESTUDIO	19
4. JUSTIFICACIÓN	20
5. IMPORTANCIA	21
6. OBJETIVOS	22
6.1 OBJETIVO GENERAL	22
6.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	22
7. BENEFICIARIO DIRECTO	23
8. ESTADO DEL ARTE	24
8.1 DESCRIPCION EMPRESARIAL	24
8.1.1 Historia de SOFASA.	25
8.1.2 Misión y Visión.	26
8.2 PRODUCTOS INVOLUCRADOS	27
8.3 DESCRIPCION DEL PROCESO DE PRODUCCION	29
8.3.1 Logística de manejo de materiales.	29

8.3.2	Proceso de soldadura.	29
8.3.3	Proceso de montaje de puertas en soldadura	30
8.3.4	Proceso de pintura.	35
8.3.5	Proceso de ensamble.	42
9.	HIPOTESIS INICIALES	47
9.1	PUESTOS INVOLUCRADOS EN EL ENSAMBLE DE PUERTAS	49
9.2	PUESTOS DE SUMINISTRO DE MATERIAL	50
9.3	DESPLAZAMIENTOS PROMEDIOS PARA ENSAMBLE	52
9.4	ERGONOMÍA	53
9.5	DEFECTOS DE CALIDAD ASOCIADOS A PUERTAS	56
10.	ANALISIS SECTORIAL	58
10.1	ETAPAS DEL ENSAMBLE DE PUERTAS	60
10.1.1	Desmontaje.	60
10.1.2	Ensamble.	61
10.1.3	Remontaje.	61
11.	EVALUACION TECNICA	63
11.1	ENSAYOS DE VALIDACIÓN	63
11.1.1	Primer ensayo.	65
11.1.2	Segundo ensayo.	69



11.1.3 Tercer ensayo.	70
11.2 RESULTADOS DEL ENSAYO	71
12. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE SOLUCION	76
12.1 RESTRICCIONES	76
12.2 CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	77
12.3 DISEÑO CONCEPTUAL	78
12.3.1 Alternativas sistema de transporte, almacenamiento y ensamble.	80
12.3.2 El sistema aéreo.	81
12.3.3 Evaluación cualitativa.	84
12.3.4 Transportadores Power Only.	85
12.3.5 Transportadores Power and Free.	86
12.3.6 Evaluación cuantitativa.	88
12.3.7 Dispositivos de desmontaje, ensamble y montaje de puertas.	89
13. ESTUDIO ECONOMICO	92
13.1 HIPOTESIS	92
13.2 INVERSIONES	94
13.3 MODELO DE CALCULO RENAULT	97
13.4 RESULTADOS DEL ANALISIS ECONOMICO	97
14. CONCLUSIONES	99

15. RECOMENDACIONES	101
16. BIBLIOGRAFIA	102

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1 Evaluación ergonómica de puestos en la línea de ensamble.	55
Tabla 2 Plantas fabricantes de los modelos de Sofasa	58
Tabla 3 Características de los ensayos	64
Tabla 4 Sintesis general de ensayos	75
Tabla 5 Hipotesis de ganancias	75
Tabla 6 Matriz morfológica	80
Tabla 7 Matriz de evaluación cualitativa	84
Tabla 8 Matriz de evaluación cuantitativa	88
Tabla 9 Ganancias del proyecto	92
Tabla 10 Inversiones para el proyecto	96
Tabla 11 Resultado evaluación económica	97
Tabla 12 Modelo de calculo proyecto Renault	98

## LISTA DE ILUSTRACIONES

	pág.
Figura 1 Renault CLIO (B65)	27
Figura 2 Renault SYMBOL (L65)	28
Figura 3 Renault TWINGO (C06)	28
Figura 4 Renault MEGANE (L64)	28
Figura 5 Renault LOGAN (L90)	29
Figura 6 Soldadura bisagras de puerta X65	30
Figura 7 Pines de fijación bisagras X65.	31
Figura 8 Montaje de puertas Logan.	32
Figura 9 Montaje de puertas Twingo.	33
Figura 10 Montaje de puertas en Megane.	34
Figura 11 Pines de fijación en bisagras Megane.	35
Figura 12 Tunnel de tratamiento de superficies (TTS)	36
Figura 13 Cataforesis	37
Figura 14 Línea de mastic	38
Figura 15 Línea de surfacer	39
Figura 16 Línea de lijado	40
Figura 17 Línea de esmalte	41
Figura 18 Inspección de calidad línea de terminación.	41
Figura 19 Aplicación cera P3.	42
Figura 20 Línea de ensamble M1R	43
Figura 21 Montaje de tablero.	44
Figura 22 Cadena aérea.	44
Figura 23 Línea de ensamble M2R	45
Figura 24 Layout línea de ensamble Renault	46
Figura 25 Productividad de la plantas Renault	48
Figura 26 Puestos involucrados en el ensamble de puertas	51

Figura 27 Desplazamientos promedio en ensamble	52
Figura 28 Vista actual de vehículos con puertas sobre la línea.	53
Figura 29 Dispositivos de ayuda mecánica	54
Figura 30 Porcentaje de defectos asociados a puertas.	56
Figura 31 Dispositivos de desmontaje	60
Figura 32 Línea de ensamble de puertas	61
Figura 33 Dispositivos de remontaje	62
Figura 34 Inspección previa de calidad	65
Figura 35 Desmontaje de puertas	66
Figura 36 Ensamble de puertas fuera de línea	66
Figura 37 Seguimiento sobre línea	67
Figura 38 Remontaje por fuera de línea	68
Figura 39 Vista de línea sin puertas	70
Figura 40 Ingreso del vehículo a la línea de montaje	72
Figura 41 Tiempos de ensamble	73
Figura 42 Tiempos de remontaje	74
Figura 43 Sitios de montaje y desmontaje	76
Figura 44 Diagrama de funciones principales	79
Figura 45 Detenciones en transportadores Power and Free	82
Figura 46 Acumulación transversal en transportadores Power and Free	83
Figura 47 Bosquejo con transportadores Power Only	85
Figura 48 Bosquejo transportador Power and Free alternativa 1	86
Figura 49 Bosquejo transportador Power and Free alternativa 2	87
Figura 50 Dispositivo de desmontaje	90
Figura 51 Dispositivo transportador	90
Figura 52 Dispositivo de montaje	91

## 1. PRESENTACIÓN

En la actualidad, el entorno comercial obliga a las compañías a ser cada vez más competitivas. En el sector automotriz esta tendencia es aun mayor, ya que el mejoramiento continuo es una filosofía bandera de este gremio. Las grandes compañías aceleran día a día su desarrollo buscando optimizar sus procesos y productos. Haciendo de sus actividades, funciones cada vez más fáciles y eficientes. En el caso particular de SOFASA, desde hace 15 años se viene aplicando la metodología Kaizen cuyo objetivo es promover el mejoramiento continuo.

Los procesos en las empresas están regidos por cuatro ejes tácticos. Estos ejes son Calidad, Costo, Plazo y Recurso humano. En la búsqueda por el mejoramiento, se trabaja siempre en pro de convertir los procesos en sistemas que puedan producir con la calidad requerida, a menor costo, plazo requerido y conservando el recurso humano. En este orden de ideas, cualquier proyecto que implique mejoramiento de cualquiera de estos cuatro ejes, será de gran valor para la compañía.

Para las ensambladoras de automóviles es bastante importante estar en constante comparación, tanto con las otras marcas, como con las demás ensambladoras pertenecientes a la misma casa matriz. En un entorno tan competitivo, lograr diferenciarse es un punto a favor al momento de decidir si una planta persiste o no. Es entonces muy importante mantener los niveles de competitividad, para así poder conseguir resultados positivos en los cuatro ejes ya mencionados.

SOFASA como ensambladora de automóviles tiene lo mismos propósitos en la búsqueda de progreso y la diferenciación. Para la evolución de la empresa en

términos de productividad y tecnología es necesario realizar cambios en diferentes sistemas. En la actualidad se determinó que los procesos asociados al ensamble de las puertas de los vehículos son poco eficientes y ocasionan diversas complicaciones en el flujo del proceso normal. Es por tanto una necesidad imperativa la optimización de este proceso.

## 2. ANTECEDENTES

El proceso de fabricación de los vehículos Renault en la planta de SOFASA, comienza por el taller de soldadura. En este se arma toda la estructura del vehículo. Las puertas se arman por separado, y en este taller se enganchan con la caja en blanco. La caja en blanco es la estructura del vehículo cuando terminaron de ensamblarse los componentes de lámina. Una vez constituida la estructura del vehículo este pasa al taller de pintura. Al interior de este, la cabina recibe todos los tratamientos anticorrosivos y su color definitivo. Es importante aclarar que durante todo este proceso las puertas del vehículo siguen ensambladas a la cabina y se pintan junto con esta. Terminado el proceso de pintura la cabina ingresa a la línea de ensamble, donde se instalan todos los componentes restantes para obtener el vehículo.

El proceso en el que se centra el proyecto es el área de ensamble. Es decir que el vehículo ya pasó por los talleres de soldadura y pintura, y se dispone a ser ensamblado. El taller de ensamble está compuesto por cinco Unidades Elementales de Trabajo (UET), encargadas de hacer el 100% del armado del vehículo. En la actualidad el vehículo pasa a través de las cinco UET con las puertas puestas en la cabina. El ensamble de todos los componentes de las puertas se hace en tres UET (U1, U2, M2R). Primero se ensambla el mecanismo de la chapa junto con la instalación eléctrica y luego se ensamblan los mecanismos eleva vidrios, chapas, tapizados y en general el resto de los componentes.

Al tener las puertas puestas a lo largo de todo el proceso de ensamble, se incurre en varias prácticas que no aportan al ensamble del vehículo:



- Las puertas deben ir protegidas, ya que los riesgos de deteriorarlas al instalar otros componentes es inminente.
- La presencia de las puertas, obstruye la entrada de ciertos componentes de gran tamaño como son el tablero o la cojinería.
- Toda la línea debe tener el espacio suficiente entre el vehículo y los materiales para que las puertas puedan ir abiertas. Este espacio incrementa de manera importante los tiempos y desplazamientos.

Los defectos ocasionados por la presencia de las puertas a lo largo de la línea de ensamble están constituidos en su mayoría por deterioros en las mismas. Deterioros se refiere a rayas, abolladuras, deformaciones, entre otros, que luego deben ser recuperados. Los desplazamientos excesivos debido al estorbo de las puertas simplemente han sido absorbidos con mayor mano de obra, pero su improductividad es vigente.

El proceso de ensamble ha permanecido de esta manera desde su inicio, aunque algunas operaciones han sido variadas, el concepto general se ha mantenido a lo largo de los años. A diferencia de otras plantas de la misma casa matriz, que han evolucionado hacia sistemas diferentes la planta de SOFASA no ha cambiado mucho su esquema. En las demás plantas de Renault se utiliza un sistema para el ensamble de puertas, donde estas son retiradas al momento de enganchar la cabina a la línea de ensamble. Las puertas pasan a su propia línea de ensamble, donde se le adicionan todos sus componentes, y finalmente vuelven a instalarse antes de que el vehículo este prácticamente listo. Finalmente se realiza una inspección de calidad que garantiza la conformidad del producto.

Hasta el momento nunca se han planteado soluciones diferentes a proteger mejor las puertas y distribuir mejor las operaciones. Es por esto que plantear un proyecto que pretenda optimizar el ensamble de las puertas genera un gran interés por

parte de la dirección de la compañía. Ya que es claro que mediante este proyecto pueden obtenerse grandes logros.

### 3. OBJETO DE ESTUDIO

La evaluación técnica y financiera de la implementación de una línea de ensamble de puertas para los vehículos Renault fabricados en la planta de SOFASA. Con el fin de determinar la factibilidad del proyecto.

#### 4. JUSTIFICACIÓN

Los procesos realizados en cualquier compañía deben siempre estar en caminos de mejoramiento continuo. La necesidad de ser competitivos y de ser productores de objetos elegibles y fiables mantiene siempre el interés sobre la optimización de los procesos.

Para el caso de este proyecto, y cuyo proceso en cuestión es el ensamble de puertas, es muy importante enfocar los resultados hacia los cuatro ejes tácticos previamente nombrados, calidad, costo, plazo y recurso humano. El proceso actual de ensamble de puertas afecta sobremanera estos cuatro ejes tácticos. Será por tanto justificación del proyecto la optimización de los efectos del proceso de ensamble sobre estos cuatro ejes tácticos.

La optimización del proceso de ensamble de puertas, permitirá reducir defectos de calidad asociados a deterioros, lo que por consiguiente evitara costos por retrabajos y reducirá los tiempos de entrega. Se lograra también, eliminar desplazamientos innecesarios en el proceso de ensamble del vehículo, logrando así menores tiempos de fabricación y menores riesgos de calidad. Con esto también se abre el camino para mejorar las condiciones de trabajo llevándolas a niveles internacionales.

Será entonces de gran beneficio para la empresa, el lograr optimizar este proceso, ya que se atacan los cuatro ejes tácticos de manera conjunta, logrando beneficios importantes. Hay que aclarar que el proyecto tiene su justificación no solo en sus resultados, sino también en la necesidad de que la planta este a la par con las demás de su genero.

## 5. IMPORTANCIA

El posicionamiento de la empresa a nivel mundial depende de sus resultados. Resultados que se enmarcan no solo en su nivel de ventas sino también en la performance de los procesos. El mantener un buen posicionamiento de la empresa requiere mantener sus procesos actualizados y con la mayor eficiencia posible. La optimización de los procesos hace parte del camino que hay que recorrer para generar cada día mayores y mejores estándares de producción.

La optimización del proceso de ensamble de puertas constituye uno de los pasos hacia mejorar el posicionamiento de la planta. Quitar las puertas es la entrada para poder diseñar ayudantes mecánicos, medios móviles para el suministro de material y semi-automatizaciones. Estas políticas apuntan hacia el plan de mejora a 2008 de la empresa, Altius 2008. El cual es un plan de mejoramiento a tres años que pretende posicionar a la planta al mismo nivel de sus semejantes en el mundo Renault, para evitar seguir manteniendo procedimientos no vigentes, a costas de ineficiencia. (Cartilla informativa Altius 2008.2005)

Para el caso puntual de SOFASA, es importante realizar este proyecto para continuar siendo una planta elegible para la realización de proyectos por parte de la casa matriz. El resultado obtenido será parte de la imagen, que a futuro, otorgue los argumentos necesarios para convencer sobre la viabilidad de los proyectos en esta planta, y dar así continuidad al trabajo realizado.

## 6. OBJETIVOS

### 6.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la factibilidad técnica y económica de la implementación de una línea de ensamble de puertas para los vehículos Renault ensamblados en la planta de SOFASA.

### 6.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar la situación actual del proceso de ensamble de puertas en términos de calidad, costo, plazo y recurso humano.
- Determinar la situación actual del proceso de ensamble de puertas en otras plantas Renault.
- Realizar la evaluación técnica de la implementación de la línea de ensamble de puertas.
- Realizar la evaluación económica del proyecto.
- Concluir sobre la factibilidad de la implementación del proyecto.

## 7. BENEFICIARIO DIRECTO

El beneficiario directo con el proyecto será SOFASA. Por que con su desarrollo se establecerá la viabilidad de la posible implementación de una línea de ensamble de puertas para vehículos Renault. Obteniendo información sobre las mejoras en calidad, costos, plazos y recurso humano que genera el proyecto y la aplicabilidad técnica de nuevas tecnologías. Poniendo así en manos de la empresa la suficiente información financiera y técnica para decidir sobre la realización del proyecto.

## 8. ESTADO DEL ARTE

### 8.1 DESCRIPCION EMPRESARIAL

Sofasa, como parte integral de su sistema de gestión y dentro de un esquema de mejoramiento continuo, considera como factores de gran importancia la calidad de sus productos y servicios, la seguridad de sus procesos, la salud de sus trabajadores y el cuidado del medio ambiente. (Sofasa@2006)

En SOFASA la Calidad es una obsesión, es hacer todo lo necesario para satisfacer a los clientes. La Política de Calidad está definida de la siguiente manera: "Ofrecer, en forma oportuna y de acuerdo con las necesidades de nuestros Clientes, productos y servicios, automotores confiables, seguros y tecnológicamente apropiados, a precios competitivos y con amplio respaldo de marcas". Para cumplir con esta Política, se cuenta con una estructura que cubre todos los eslabones de la cadena de valor, que va desde la definición de vehículos y servicios, pasando por los proveedores, los procesos de producción, venta y posventa hasta concesionarios. (Sofasa@2006)

Para la producción de los vehículos, se adoptan las herramientas de calidad de las Casas Matrices, modelos en el mundo de la Calidad en Producción. Los vehículos son inspeccionados en cada una de las etapas del proceso y se cuenta con una pista de pruebas, donde se somete el 100% de los vehículos a un riguroso examen de funcionamiento. (Sofasa@2006)

Adicionalmente, se cuenta con los más modernos medios de fabricación y de control especializados para la industria automotriz, apoyados por la constante vigilancia del Laboratorio de Metrología, que asegura su correcta calibración y funcionamiento. Permanentemente, se tiene la retroalimentación de los



concesionarios acerca de los problemas que ocurren en el mercado, para emprender las acciones correctivas que aseguren la eliminación de dichos inconvenientes. (Sofasa@2006)

Desde 1999, ICONTEC da la Certificación NTC ISO 9002. En el año 2001, la UTAC (Union Technique de l'Automobile, du Motorcycle et du Cycle), Organismo Auditor de RENAULT, certifica la planta en EAQF e ISO 9000. Periódicamente se reciben visitas de las Casas Licenciatarías, quienes auditan el Sistema de Calidad y el nivel de los vehículos. No en vano se ha tenido un crecimiento de gran magnitud en los últimos años. (Sofasa@2006)

#### 8.1.1 Historia de SOFASA.

En enero de 1969 el Gobierno Nacional selecciona a la Regie National Des Usines Renault de Francia como la ganadora de la licitación internacional tendiente al establecimiento de una compañía ensambladora de automóviles en Colombia. El 2 de julio se constituyen oficialmente tres sociedades con participación accionaria del gobierno colombiano a través del Instituto de Fomento Industrial –IFI– y del fabricante francés. (Sofasa@2006)

La primera de ellas, Socofam, se encargó de la fabricación de motores y mecanizados de auto partes; la segunda, Sofasa Renault S.A., fabricó los automóviles y la tercera, Renault de Colombia S.A., se orientó a la comercialización de los vehículos y auto partes producidas por las dos primeras. La Planta de Producción de vehículos se inaugura el 15 de julio de 1970, mediante acto público presidido por el Ministro de Desarrollo Económico, Hernando Gómez Otálora y el Presidente de la Regie National Des Usines Renault, Pierre Dreyfus. (Sofasa@2006)

El primer vehículo Renault 4 que produjo la empresa, identificado con el número de motor 198440, fue vendido el 26 de agosto de 1970 al médico Darío Mesa

Upegui por el concesionario Agenciauto; 24 años después, el mismo concesionario decidió recuperarlo como modelo de colección. (Sofasa@2006)

En 1971 las tres empresas se fusionaron en una; dos años más tarde, el contrato inicial de la sociedad se modificó para permitir la fabricación de vehículos de otras marcas diferentes a Renault, hecho que se concretaría a finales de los 80's. (Sofasa@2006)

Durante los años setenta, Renault fue líder del mercado nacional, pese a que en un comienzo el público fue escéptico frente al Renault 4. Tendrían que pasar 40 días para que el primer vehículo saliera de la sala comercial del concesionario Agenciauto de Medellín. El 8 de febrero de 1989, Renault de Francia le compró la totalidad del paquete accionario al Gobierno Nacional y ofreció el 24% a la compañía japonesa Toyota Motor Corporation, quien ingresó como socio de la Compañía con el propósito de iniciar el proceso de ensamble de camperos y pick ups de esta reconocida marca. (Sofasa@2006)

En enero de 1994, el Grupo Empresarial Bavaria adquirió el 51% del total de las acciones de Sofasa S.A., hecho que marca el inicio de una nueva etapa de su historia, orientada al liderazgo en el mercado nacional y a la expansión de las operaciones comerciales en exterior. (Sofasa@2006)

#### 8.1.2 Misión y Visión.

- Misión. Ensamblar, importar y comercializar vehículos de los grupos Renault y Toyota en los mercados latinoamericanos y del Caribe, a través de distribuidores y concesionarios, con respaldo de posventa. (Sofasa@2006)

- Propósito. Generar riqueza y bienestar en Colombia, siendo excelentes ensambladores y comercializadores del sector automotor en América. (Sofasa@2006)

- Filosofía. En Sofasa se trabaja en un clima de armonía y de respeto por el trabajador y su familia, buscando el desarrollo de su talento humano en una organización orientada al cambio, cuya regla de oro es el Mejoramiento Continuo. Los productos y procesos de calidad permiten satisfacer las necesidades y expectativas del Cliente. La buena imagen y el prestigio de las marcas Renault y Toyota están garantizadas por el comportamiento honesto en nuestras acciones comerciales. (Sofasa@2006)

## 8.2 PRODUCTOS INVOLUCRADOS

En SOFASA se comercializan tanto producto Renault como Toyota, el proyecto va dirigido solo a los productos Renault fabricados en Colombia. La gama de productos Renault a la cual esta enfocado el proyecto es la siguiente:

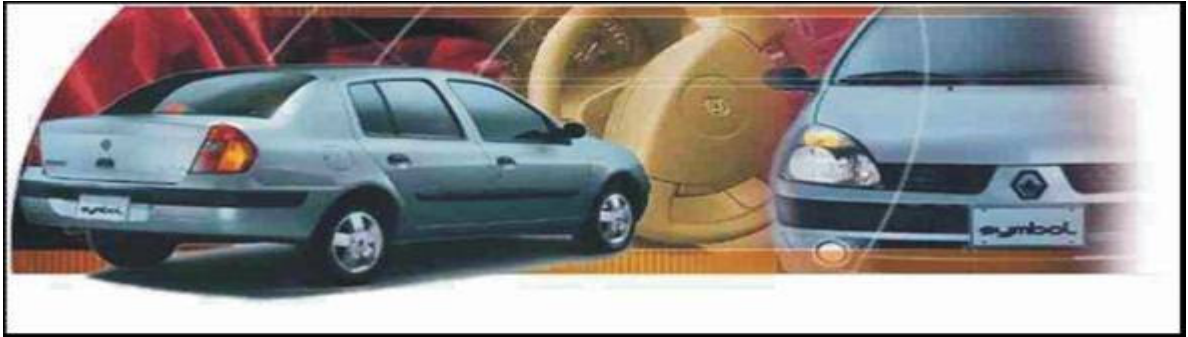
- Renault X65 (Clio y Symbol)

Figura 1 Renault CLIO (B65)



Sofasa@2006

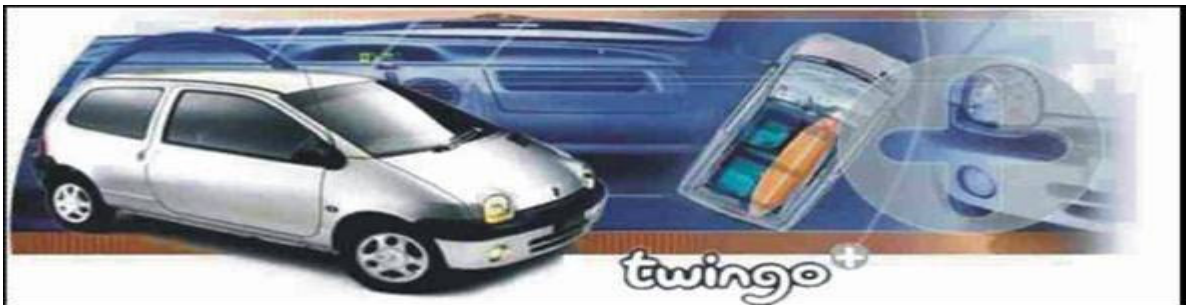
Figura 2 Renault SYMBOL (L65)



Sofasa@2006

- Renault X06 (Twingo)

Figura 3 Renault TWINGO (C06)



Sofasa@2006

- Renault X64 (Megane)

Figura 4 Renault MEGANE (L64)



Sofasa@2006

- Renault X90 (Logan)

Figura 5 Renault LOGAN (L90)



Sofasa@2006

### 8.3 DESCRIPCION DEL PROCESO DE PRODUCCION

#### 8.3.1 Logística de manejo de materiales.

La materia prima importada llega por barco; de allí es transportada hasta la planta donde es almacenada en bodegas. Luego el personal de logística interna es el encargado de desempacar, seleccionar y distribuir el material a las líneas de producción. Esta distribución tiene que ser correspondiente al secuencial de producción, el cual indica el orden y cantidad de los vehículos que se ingresan al proceso de fabricación. Esto con el fin de cumplir con el sistema de justo a tiempo. (Sofasa@2006)

#### 8.3.2 Proceso de soldadura.

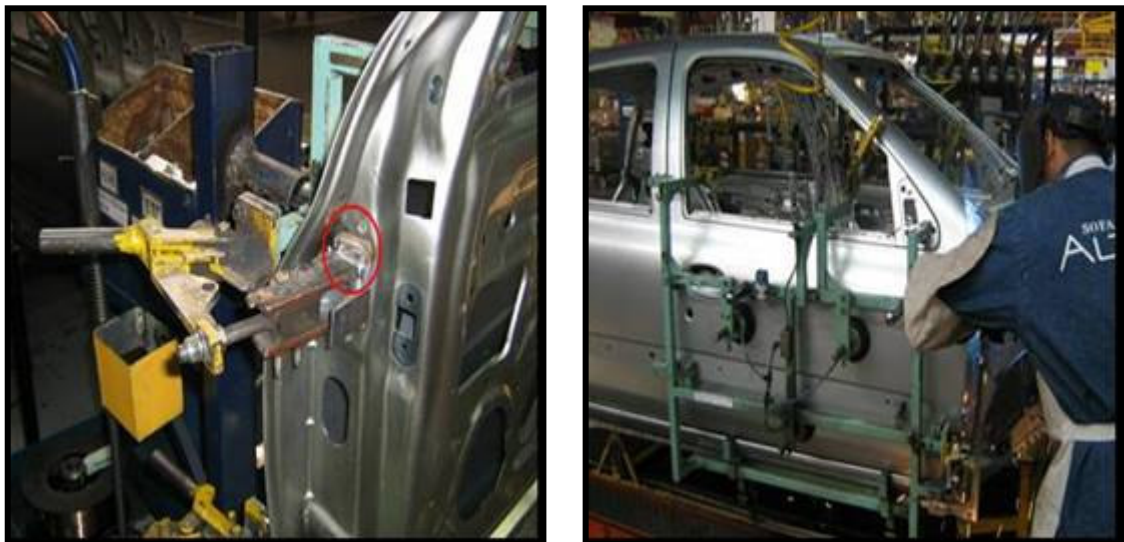
El departamento de Soldadura se divide en 4 pórticos Renault, o líneas de armado de la estructura del vehículo, y una línea de terminación común Renault, cada pórtico es para los diferentes modelos que se ensamblan en la planta. El pórtico X-65 (Clio y Symbol), el pórtico X-06 (Twingo), el pórtico X-64 (Megane) y el pórtico L-90 (Logan).

El proceso es muy similar en cada uno de los pódicos. Por medio de soldadura de punto que genera la unión entre laminas y la ayuda de matrices que garantizan la correcta geometría, se realizan una serie de sub-ensambles. Estos se van a su vez uniendo en matrices de mayor tamaño y capacidad y así se arma la llamada caja en blanco. Primero se ensambla el piso, de allí se procede a ensamblar los laterales, luego el piso y los laterales se ensamblan una matriz general en donde se monta el techo para así completar la estructura de la cabina. Luego esta cabina es llevada a una línea de terminación donde se le colocan las puertas, el capo y el portilon. (Sofasa@2006)

### 8.3.3 Proceso de montaje de puertas en soldadura

- Renault X-65 (Clio y Symbol). El proceso inicia con el montaje de las bisagras en las puertas, haciendo uso de soldadura de CO2. La posición adecuada de la bisagra en la puerta se garantiza mediante guías mecánicas de posicionamiento.

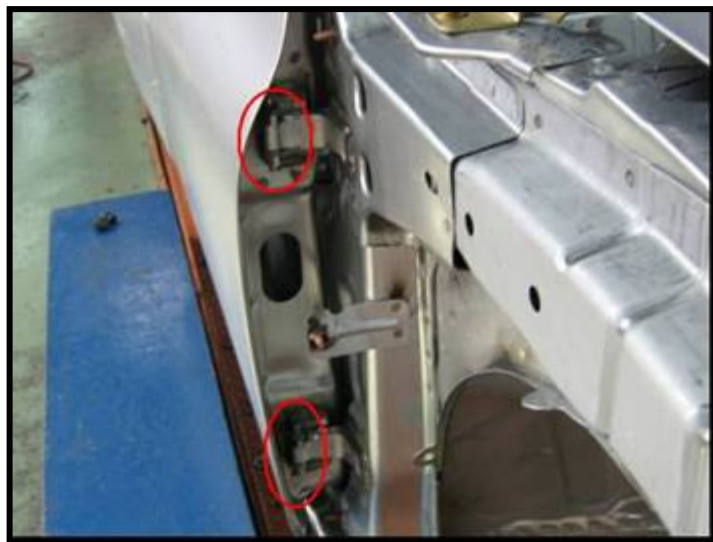
Figura 6 Soldadura bisagras de puerta X65



Una vez la bisagra esta soldada a la puerta, esta es transportada con la ayuda del medio de ferraje a la línea de terminación, donde se encuentra con la cabina que esta en movimiento. El medio de ferraje es un dispositivo que garantiza la posición de la puerta en la cabina. Finalmente la bisagra se suelda a la cabina, por medio de CO2.

El montaje de la puerta finaliza con la postura de dos cir-clips que cumplen la función de eje de rotación de la puerta, estos se ubican en cada una de las bisagras de la puerta.

Figura 7 Pines de fijación bisagras X65.



- Renault L-90 (Logan). El proceso inicia con el montaje de las bisagras en las puertas, haciendo uso de tornillos. El apriete de estos debe ser con un torque específico, por lo cual se requiere de una pistola de torques previamente programada. La posición adecuada de la bisagra en la puerta se garantiza mediante claves de posición.

Figura 8 Montaje de puertas Logan.

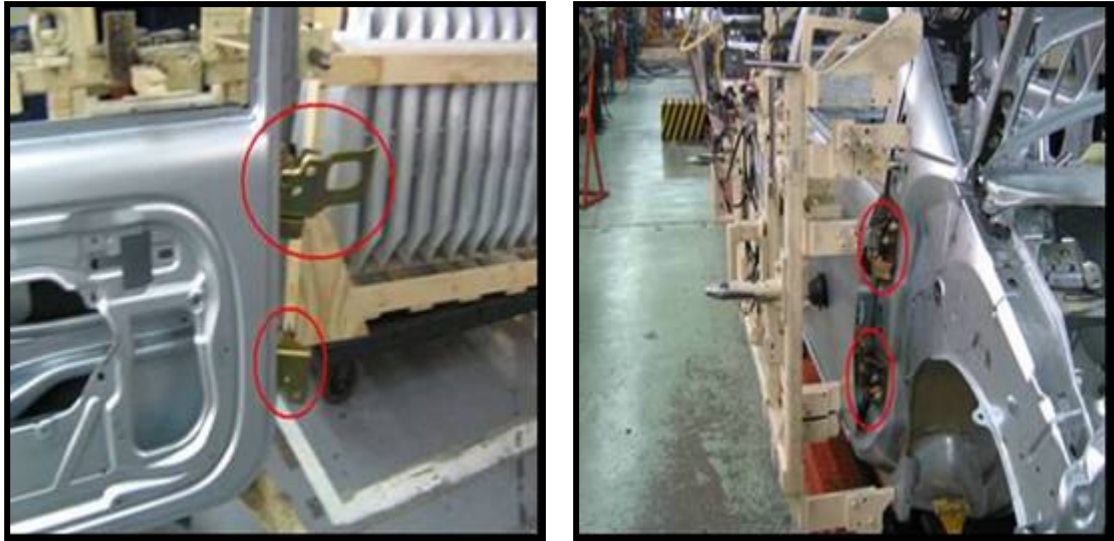


Una vez la bisagra es atornillada a la puerta, esta es transportada con la ayuda del medio de ferraje a la línea de terminación, donde se encuentra con la cabina que esta en movimiento. El medio de ferraje también garantiza la posición de la puerta en la cabina. Finalmente la puerta se atornilla la bisagra a la cabina, haciendo uso de la pistola de torques, que garantiza torque y secuencia específica.

- Renault X-06 (Twingo). Este proceso inicia con el premontaje de las bisagras en las puertas, el cual se realiza por medio de apriete manual y sin uso de dispositivos.



Figura 9 Montaje de puertas Twingo.

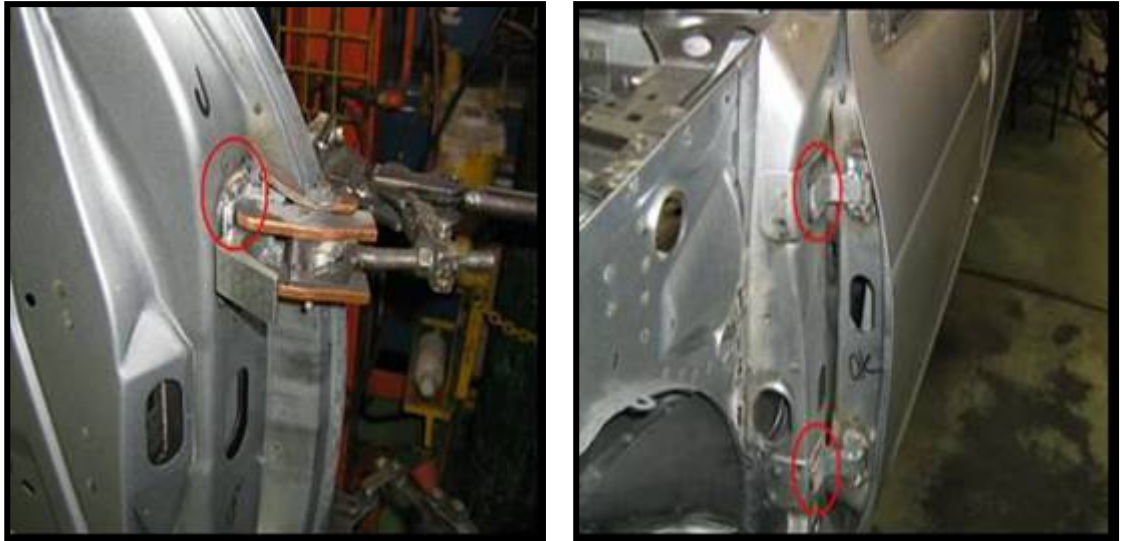


Una vez la bisagra es pre-montada en la puerta, esta es transportada con la ayuda del medio de ferraje a la línea de terminación, donde se encuentra con la cabina que esta en movimiento. El medio de ferraje garantiza la posición de la puerta sobre la cabina.

Una vez posicionada la puerta, se atornilla la bisagra a la cabina y posteriormente se atornilla la bisagra a la puerta. Esta operación se realiza con una pistola neumática.

- Renault L-64 (Megane). El proceso inicia con el montaje de las bisagras en las puertas, haciendo uso de soldadura de CO<sub>2</sub>. La posición adecuada de la bisagra en la puerta se garantiza mediante claves de posición.

Figura 10 Montaje de puertas en Megane.



Una vez la bisagra esta soldada a la puerta, esta es transportada con la ayuda del medio de ferraje a la línea de terminación, donde se encuentra con la cabina que esta en movimiento. Al igual que las demás el medio de ferraje también garantiza la posición de la puerta en la cabina. Una vez posicionada la puerta se suelda la bisagra a la cabina, haciendo uso de soldadura de CO<sub>2</sub>.

El montaje de la puerta finaliza con la postura de dos cir-clips que cumplen la función de eje de rotación de la puerta, estos se ubican en cada una de las bisagras de la puerta.

Figura 11 Pines de fijación en bisagras Megane.



#### 8.3.4 Proceso de pintura.

El proceso de pintura recibe la cabina desde soldadura, completamente ensamblada. El propósito de este taller es proporcionar la protección anticorrosivo a la lamina y dar el color que requiere la estética de vehículo. El proceso comienza mediante un tratamiento superficial por medio de fosfato que prepara la superficie para recibir el anticorrosivo por adherencia electroquímica. Dicho proceso se denomina cataforesis. Terminado este tratamiento el vehículo pasa a la unidad de mastic, donde se le aplican diferentes tipos de sellantes a las uniones de lámina para darle estanqueidad al agua y rigidez a la estructura metálica. Luego el vehículo pasa a al unidad de surfacer donde se aplica una base para el color final. Antes de entrar a esmalte, en la unidad de lijado, se corrigen todas las pequeñas imperfecciones que pueda tener la cabina. Finalmente el vehículo entra a la cabina de esmalte donde se aplica tanto el color definitivo como el esmalte brillante, para así ser inspeccionada por calidad y entregada al departamento de ensamble en perfectas condiciones.

- Tunnel de tratamiento de superficies (TTS). El proceso de pintura comienza en el túnel de tratamiento de superficies (TTS), este tiene como fin preparar la superficie

de la cabina para recibir todo el proceso de pintura. El TTS es una instalación que cuenta con 7 tanques, de los cuales 6 son por inmersión y uno por aspersion.

Figura 12 Tunnel de tratamiento de superficies (TTS)



Lo primero que se realiza antes de que la cabina ingrese al túnel es fijar sus puertas, su portillón y capo con unos dispositivos especiales para evitar que se abran a lo largo del proceso. También se fija la cabina a un skid, medio en que se soporta y trasporta la cabina a lo largo del proceso.

Una vez se encuentran aseguradas la cabina y sus piezas móviles, se procede a ingresarla al TTS. Adentro, el primer sub-proceso que recibe la cabina es el pre-desengrase, este se realiza en un primer tanque por aspersion con la ayuda de unas duchas a presión que direccionan el desengrasante a una temperatura determinada. Luego la cabina continúa el proceso en 6 tanques por inmersión en los cuales la cabina es sumergida totalmente. Cada uno de los 6 tanques tiene condiciones de temperatura, concentración y productos diferentes que cumplen funciones específicas sobre la laminas de la cabina. Productos como desengrasante, que quita la grasa con la que vienen protegidas las laminas y las

diferentes impurezas como polvo y limalla. El afinador, que homogeniza la superficie de las láminas. El fosfato, que es el primer anticorrosivo que protege las laminas contra el oxido y finalmente agua desmineralizada para descontaminar la cabina de los excedentes de fosfato evitando la contaminación del siguiente proceso que es la pintura a base de agua, Cataforesis.

- Cataforesis. El segundo proceso que recibe la cabina es el de la cataforesis, este para dar un aseguramiento anticorrosivo a las láminas del vehículo. La cabina es sumergida en un tanque que contiene pintura a base de agua, en el momento en que se encuentra totalmente sumergida recibe una electro deposición con el fin que la pintura se fije a la superficie. Luego por medio de unas duchas de aspersion el exceso de pintura es retirado. Finalmente la cabina ingresa a un horno que seca la pintura.

Figura 13 Cataforesis



- Mastic. En este tercer proceso se aplica el producto mastic que cumple dos funciones, insonorizante e impermeabilizante. Este se aplica extruido de dos

formas, en forma de cordones y pulverizado, en uniones de láminas, bajo piso y en contornos internos de puertas, portillón y capo.

El primer mastic se aplica a la cabina en un guaje en forma de cordones y pulverizado bajo piso. Después se aplican cordones en interiores y en contornos. Este producto es aplicado manualmente con la ayuda de pistolas y boquillas de aplicación específicas para cada cordón o pulverizado.

Figura 14 Línea de mastic



- Surfacer. Este proceso consiste en la aplicación de la base sobre la cual será recibida la pintura del color definido para cada cabina. El color de esta base depende del color final del vehículo; base gris claro para colores claros y base gris oscuro para colores oscuros.

La cabina recibe una limpieza con alcohol para quitar impurezas como lanas, polvo o cualquier clase de mugre. Posterior a esta limpieza ingresa a la cabina de aplicación, esta se encuentra a una temperatura entre 23 y 24 grados centígrados y condiciones de inyección y extracción específicas para evitar fogueos. Adentro

se da una primera mano exterior, luego se aplican interiores y por ultimo una segunda y definitiva mano exterior. Para finalizar el proceso la cabina ingresa a un horno donde se seca la base y el mastic que fue aplicado en el proceso inmediatamente anterior. Para este proceso se usan pistolas electroestáticas utilizadas manualmente.

Figura 15 Línea de surfacer



- Lijado. Este proceso tiene como objetivo pulir la superficie recién pintada, para lo cual lijan las posibles imperfecciones como pueden ser goteras, chorreos, grano, etc. haciendo uso de pulidoras o papel de lija en seco. Este primer filtro garantiza una superficie homogénea que permite una aplicación del esmalte en óptimas condiciones.

Figura 16 Línea de lijado



- Esmaltes. Este proceso consiste en la aplicación sobre la superficie previamente pulida, de esmaltes encargados de dar el color definitivo a cada vehículo. La cabina recibe una limpieza con alcohol para quitar impurezas como lanas, polvo o cualquier clase de mugre. Posterior a esta limpieza ingresa a la cabina de aplicación, esta se encuentra a una temperatura entre 23 y 24 grados centígrados y condiciones de inyección y extracción específicas para evitar foguesos.

Adentro se da una primera mano exterior, se aplican interiores, luego una segunda y definitiva mano exterior de esmaltes, finalmente se da una aplicación exterior de barniz que es el encargado de dar el brillo a la cabina. El proceso termina cuando la cabina ingresa a un horno donde se seca el esmalte y el barniz.



Figura 17 Línea de esmalte



- Línea de terminación. A su ingreso la cabina es inspeccionada por los inspectores de calidad, quienes marcan los posibles defectos que pueda tener la cabina. A lo largo de la línea hay recuperadores quienes tienen como objetivo arreglar los defectos marcados por los inspectores, para así entregar la cabina en óptimas condiciones de calidad al departamento de ensamble.

Figura 18 Inspección de calidad línea de terminación.



- Cera p3: Este proceso es exclusivo del Renault L-90 (Logan). Consiste en la aplicación de Cera P3 en los interiores y bajo chasis de la cabina. Este producto se aplica como un refuerzo anticorrosivo entre las laminas del vehículo. A cada orificio interior le corresponde una boquilla y cantidad específica de cera. Luego de su aplicación la cabina entra a un horno donde la cera se calienta y se acaba de distribuir, para finalmente ser enfriada por medio de un sistema de ventiladores, logrando la consistencia y fijación adecuada.

Figura 19 Aplicación cera P3.



#### 8.3.5 Proceso de ensamble.

La línea de ensamble Renault en SOFASA es donde se adiciona a la cabina del vehículo todos los accesorios mecánicos, eléctricos y de tapicería para terminar el producto. Esta dividida en 5 Unidades Especificas de Trabajo (UET) las cuales son M1R(U1, U2), Motores, Aérea y M2R.

La línea de Ensamble tiene una longitud aproximada de 246 m, dividida en puestos de 6m de longitud. Su capacidad Máxima de producción al día de hoy

esta en 12 Vehículos / Hora. (Ing. Carlos Andrés Aguilar. SOFASA, DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE PROCESOS. 2006)

Figura 20 Línea de ensamble M1R



El vehículo ingresa a la línea de montaje una vez ha terminado el proceso de pintura. En este momento la cabina esta lista para que se le instalen todos los componentes que completan el vehículo. El vehículo comienza su ensamble por la unidad uno, en donde se le instalan piezas como el tapizado del techo, el cableado de cabina, y los principales obturadores de estanqueidad. Durante su paso por la unidad uno se instala también los primeros componentes sobre las puertas, es decir las chapas y cableados internos. Luego el vehículo pasa a la unidad dos donde se le instalan componentes tan importantes como el tablero y los vidrios delantero y trasero. Al final de esta unidad la cabina queda completamente tapizada al interior, esto sin tener en cuenta las puertas.

Figura 21 Montaje de tablero.



Terminada la unidad uno y la unidad dos, que juntas forman montaje uno, el vehículo pasa a ser enganchado sobre la cadena aérea. En este tramo de la línea de ensamble, el vehículo recibe toda su parte mecánica. Es decir se instala toda la suspensión, circuitos de freno y gasolina, motor, caja de velocidades, exhosto, entre otros. El motor y la caja de velocidades, junto con sus accesorios son ensamblados en una pequeña línea de ensamble separada. En la cadena aérea es donde se une la cabina con el motor.

Figura 22 Cadena aérea.



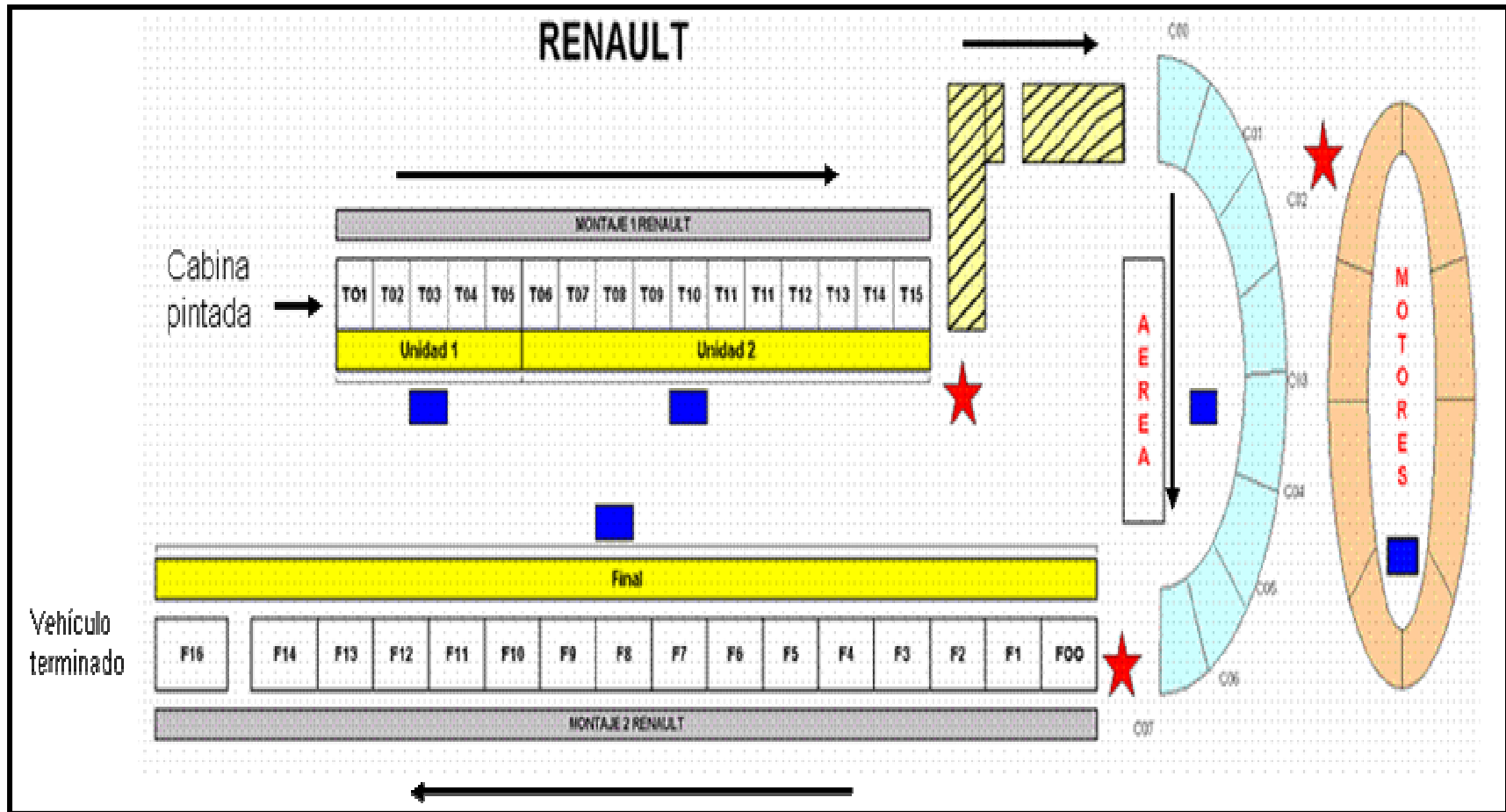
Finalmente la cabina baja de la línea aérea sobre montaje dos. En esta línea se conectan todos los cableados del motor, se pone la batería, se instalan los mecanismos eleva vidrios, se pone la tapicería de puertas, se instala la cojinería, la llantas y finalmente se hace la programación eléctrica del vehículo. La presencia de las puertas a lo largo de montaje dos genera dificultades en el montaje de la cojinería. El ensamble de los mecanismos eleva vidrios y la tapicería de las puertas tiene mayor dificultad con las puertas sobre el vehículo.

Figura 23 Línea de ensamble M2R



Al terminar el proceso de ensamble, el vehículo recibe una alineación de ruedas y de luces y se entrega a los inspectores de calidad. Estos se encargan de revisar la conformidad del vehículo de acuerdo a unas listas de chequeo que les permiten priorizar su revisión.

Figura 24 Layout línea de ensamble Renault



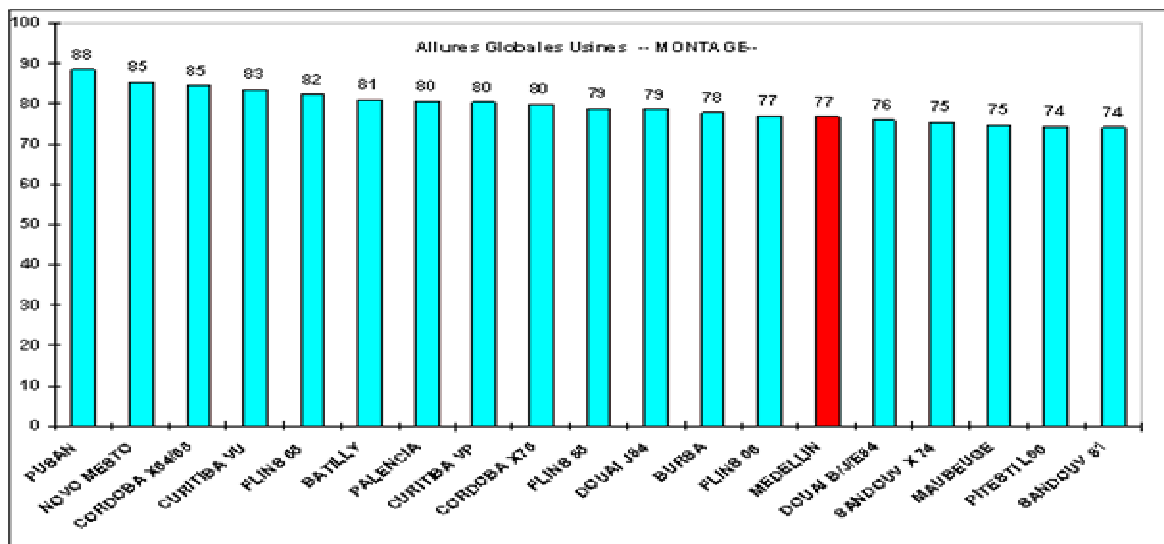
Gestión Documental Sofasa. 2006

## 9. HIPOTESIS INICIALES

Sofasa como empresa productiva busca siempre mejorar sus procesos de producción. Cada día se busca mejorar los niveles de productividad en la planta. En la actualidad la empresa trabaja tres turnos de 8 horas y tiene una capacidad máxima de producción de 65 vehículos Renault por turno. Sin embargo la búsqueda de la excelencia y la mejora en los procesos es una actividad que no se detiene.

La productividad puede definirse como la Relación entre el producto obtenido y los insumos empleados. Para la industria automotriz esta, calcula la eficiencia con que se emplean en la producción los recursos de capital y de mano de obra. La productividad es un indicador utilizado a nivel mundial para medir el desempeño de las plantas en términos de producción. En base a este se realizan calificaciones de todas las plantas y se sitúan en un ranking según sus resultados. Para Sofasa como para cualquier otra ensambladora la posición en este ranking es importante de vigilar.

Figura 25 Productividad de la plantas Renault



Informe de productividad SPR. 2006

Sofasa se sitúa en este momento en el puesto 14 del ranking de plantas Renault para el taller de montaje y su objetivo para el 2009 es estar en la posición 3 del escalafón. Para esto la empresa se encuentra realizando diferentes proyectos en pro de aumentar su productividad. Es importante aclarar que Sofasa se encuentra en el puesto 14 de productividad para el taller de montaje únicamente. En el taller de soldadura, la empresa es la primera entre todas las plantas del mundo que tienen este taller manual. El propósito de mejorar la posición a nivel mundial en el taller de montaje lleva a poner en estudio diferentes proyectos como lo es la realización de una línea de puertas.

La productividad como indicador que mide la eficiencia del uso de los recursos, lleva a las plantas a trabajar sobre las pérdidas de sus procesos para optimizarlos al máximo. La metodología Kaizen especifica siete tipos de desperdicios que se presentan en los procesos. Estos siete desperdicios son sobreproducción, inventario, reparaciones, movimiento, procesamiento, espera y transporte. Trabajar sobre estos siete desperdicios tiene un efecto directo sobre el indicador



de productividad, es por esto que el proyecto busca mediante la línea de puertas disminuir desperdicios a lo largo del proceso. (Gemba Kaizen. 2003)

La línea de puertas para el taller de montaje será entonces el proyecto que se analice, ya que mediante su implementación se obtienen diferentes beneficios. Beneficios tales como mejoras en ergonomía, mejoras en número de personas involucradas, mejoras en desplazamientos, mejoras para el manejo logístico y mejoras en calidad.

### 9.1 PUESTOS INVOLUCRADOS EN EL ENSAMBLE DE PUERTAS

La estructura metálica del vehículo ingresa a la línea de ensamble pintada y lista para el ensamble de todos los elementos que conforman el vehículo. La línea de ensamble de Sofasa funciona como sistema FIFO. Su velocidad oscila entre 0.9 m/min y 1.4 m/min, lo que significa que el tiempo de ensamble de un vehículo es entre 2 horas 51 minutos y 4 horas 26 minutos.

El proceso de ensamble de puertas se lleva a cabo en las unidades de producción M1R y M2R. Para el ensamble de puertas, 18 operarios por turno realizan operaciones asociadas a las puertas. Estos están distribuidos en 5 puestos para M1R y 4 para M2R. En M1R se montan todos los cableados internos de la puerta y las chapas de las mismas. En M2R se montan todos los mecanismos eleva vidrios, vidrios, empaques y embellecedores interiores de puerta. Es así como se completa el ensamble de las puertas del vehículo.

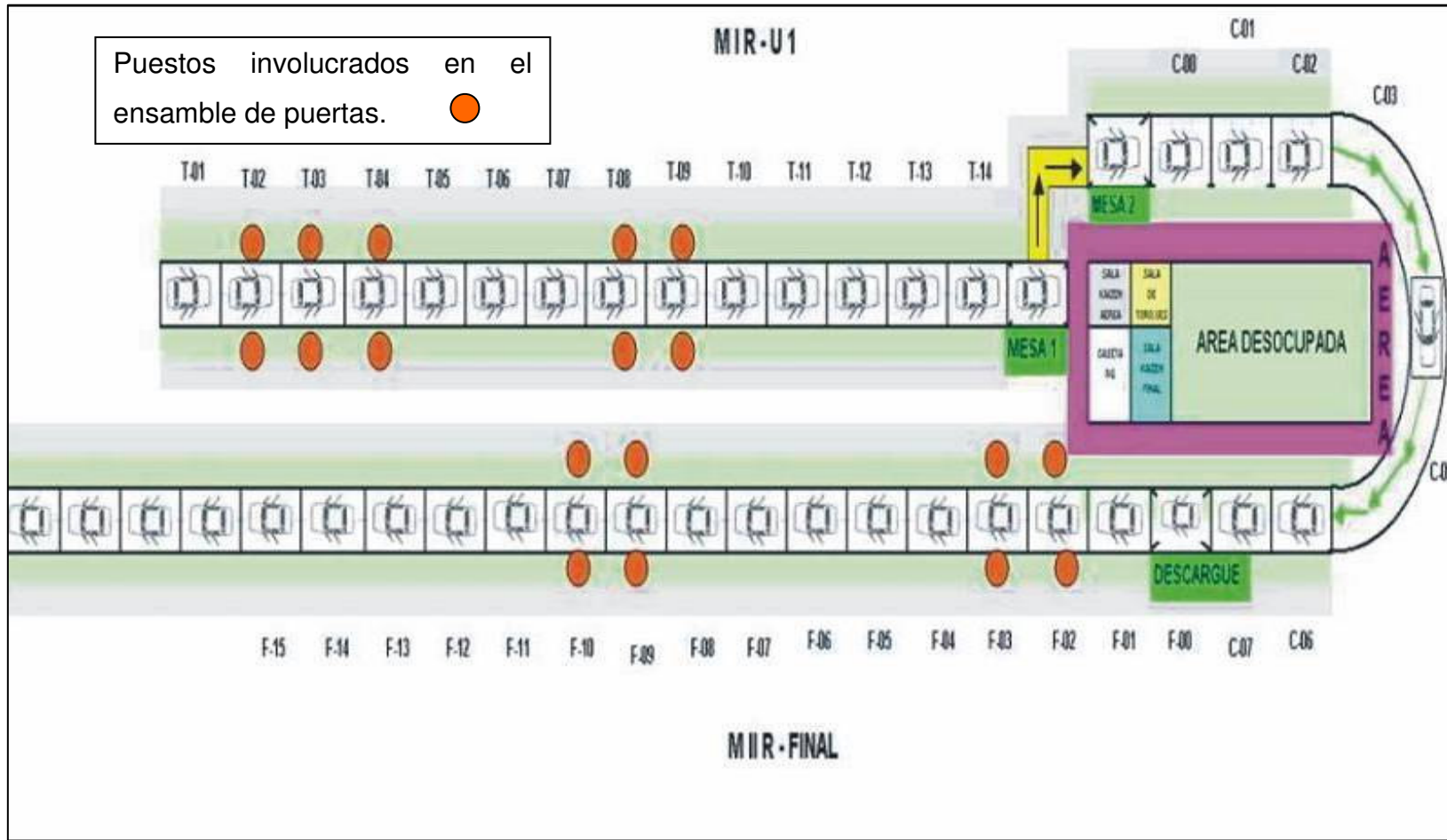
El proyecto pretende disminuir el número de operarios que realizan operaciones sobre las puertas. Esto mediante la disminución de desplazamientos para realizar las operaciones, mejoras en la logística de materiales y mejoras de ergonomía. Todos estos aspectos podrán verse afectados de manera positiva con la implantación de la línea de ensamble de puertas.

## 9.2 PUESTOS DE SUMINISTRO DE MATERIAL

Sobre la línea se surte material por parte de logística a todos los 18 puestos en donde se ensamblan componentes de las puertas. Esta operación implica desplazamientos y configuraciones complicadas que disminuyen la productividad de la planta. El proyecto pretende concentrar todo el material de las puertas en un mismo lugar, y así ensamblar todos los componentes en un menor espacio. Esta configuración permite adaptar a los propuestos de trabajo sistemas SPOT, los cuales permiten al operario estar rodeado del material y disminuir los desplazamientos. Es por tanto una gran ventaja en términos de reducción de espacio y esfuerzo logístico.

Con la realización del proyecto se pasa de tener un suministro a 18 puestos a lo largo de toda la línea, a tener un suministro concentrado en tres puestos al final de montaje dos.

Figura 26 Puestos involucrados en el ensamble de puertas

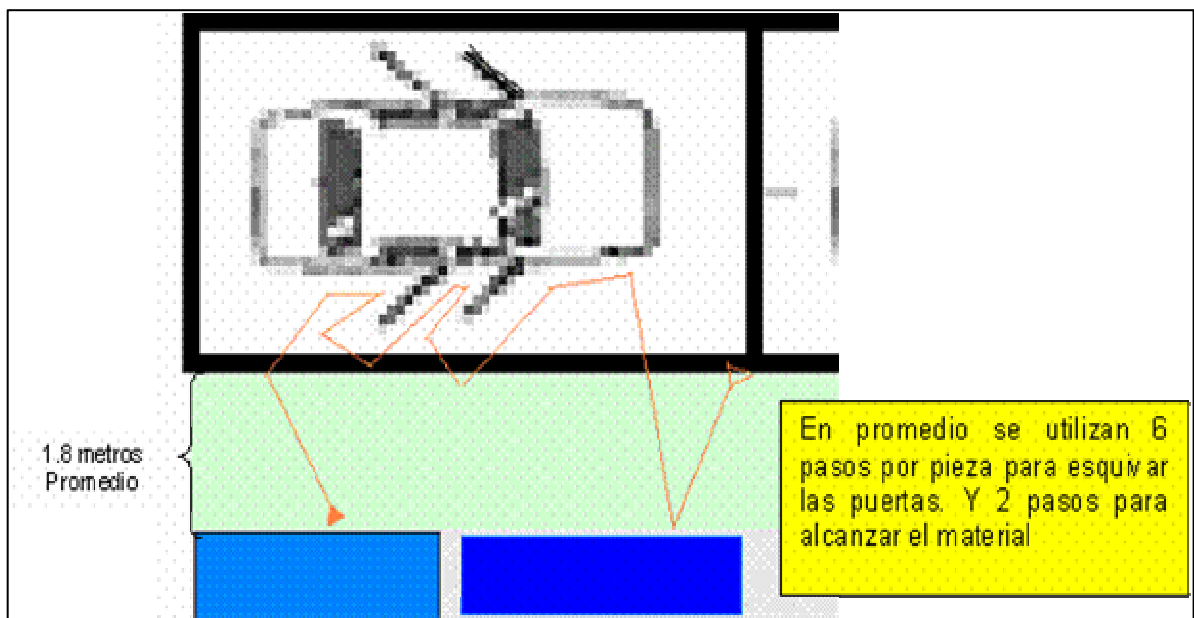


Gestión Documental Sofasa. 2006

### 9.3 DESPLAZAMIENTOS PROMEDIOS PARA ENSAMBLE

El vehículo viaja a través de toda la línea de montaje con las puertas en su posición final. Originando diferentes perdidas a lo largo de todo el proceso. La presencia de las puertas a lo largo de toda la línea de ensamble aumentan de manera importante los desplazamientos de los operarios. Con esta condición la distancia entre el vehículo y el material debe ser de aproximadamente 1.8 m para evitar que las puertas golpeen los medios de almacenamiento. Además la presencia de las puertas, obliga al operario a dar en promedio 8 pasos por juego de piezas, que se dispone a montar.

Figura 27 Desplazamientos promedio en ensamble



La presencia de las puertas genera además del exceso de desplazamiento dificultades al momento de montar piezas de gran tamaño, como son el tablero y la cojinería. El tener las puertas en esta posición obliga a los operarios a estar constantemente esquivándolas, lo cual pone en riesgo la calidad de los vehículos y genera desperdicios de movimiento

Figura 28 Vista actual de vehículos con puertas sobre la línea.



#### 9.4 ERGONOMÍA

La posición actual de las puertas sobre la línea genera diferentes impactos ergonómicos sobre los puestos de operación. Puestos tales como el montaje de tablero, el montaje de la cojinería, el montaje de llantas, e inclusive el montaje de las piezas de las puertas se dificultan debido a la posición de las mismas. En general todas las operaciones se ven afectadas por los desplazamientos extras que implican la posición de las puertas.

En los puestos de tablero, cojinería y llantas la posición de las puertas no permite la utilización de diferentes dispositivos de ayuda mecánica. Lo cual de manera directa afecta tanto la ergonomía como la productividad de la planta. Por medio de la ARP se realizó un estudio sobre los puestos más críticos, el cual arrojó resultados que demuestran el efecto nocivo de la posición de las puertas. Efectos tales como lumbalgias, exceso de desplazamientos y fatiga muscular son comunes en el informe.

Figura 29 Dispositivos de ayuda mecánica



intra.renault@2006

Tabla 1 Evaluación ergonómica de puestos en la línea de ensamble.

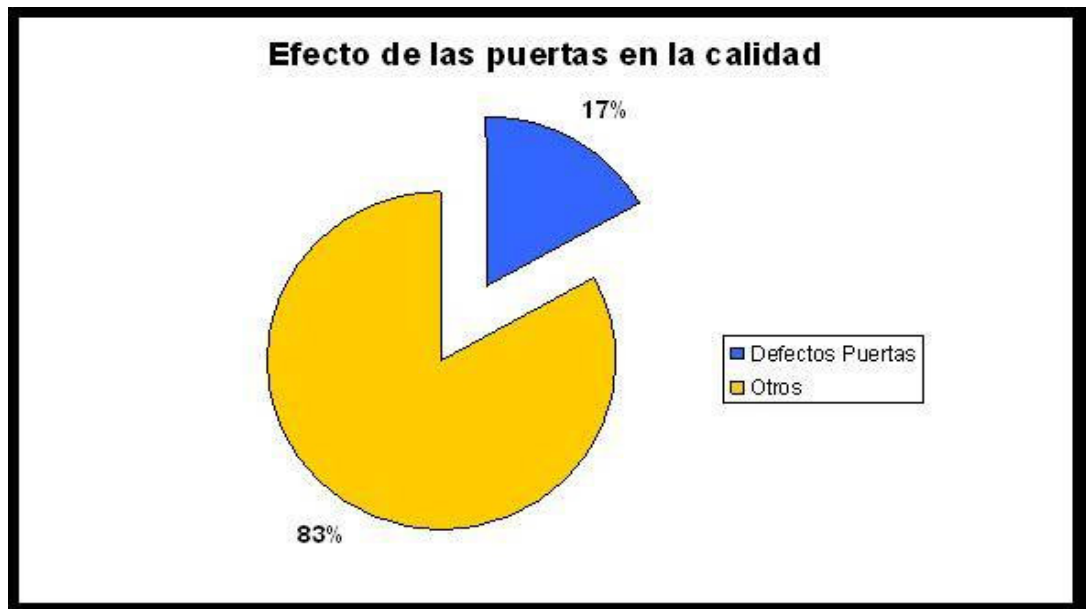
SOFASA		EVALUACIÓN DE PELIGROS Y RIESGOS							
AREA: MONTAJE		ELABORO: SOGA						FECHA	jun-05
OFICIO	PELIGRO	FUENTE GENERADORA	CONSECUENCIA	No. de Exposiciones	Tiempo Diario	FUENTE	MEDIO	HUESPED	Interpretación
F05 Cojineria	ER4	Carga Dinámica por Esfuerzo: desplazamientos con Carga Cojineria Clio y Symbol muy pesado para transportar a la línea. Halar cojineria del medio. Presenta dificultad al sacarla del medio. Y dificultad para ingresar la cojineria por las puertas.	Fatiga, desgaste físico, Lumbalgia	4	5	No Aplica	No Aplica	Cuentan con periodos de descansos durante su jornada laboral.	M E D I O
F03 Montaje de colisas y vidrios de puertas	ER5	Carga Dinámica: otras posiciones Puesto alto: subir y bajar de la línea. Esquivar las puerta para cada operación.	Dolor de rodillas, lumbalgias	4	2	No Aplica	No Aplica	Cuentan con periodos de descansos durante su jornada laboral.	M E D I O
F04 Montaje de llantas	ER3	Carga Estática otras posiciones: torción y flexión de tronco al posicionar tornillo de paso rueda y apretar con pistola electrica y al cargar las llantas. Esquivar las puertas genera posicion de lumbalgia.	Lumbalgias, fatiga muscular	4	2	No Aplica	Se cambió la operación de puesto.	Cuentan con periodos de descansos durante su jornada laboral.	M E D I O
F06 y F07 Paneles y sub-ensamble portamapa Logan.	ER4	Carga dinámica por esfuerzos: al halar manguera de mastic en sub- ensamble portamapas Logan. Y por el poco espacio las puertas del vehiuclo obstaculizan paso en área.	Lumbalgias, bursitis, fatiga física, estress, golpes.	4	4	Ocasional mente utilizan una carretilla.	No Aplica	Cuentan con periodos de descansos durante su jornada laboral.	B A J O
TO6 Instalador montador, Montaje tableros	SE8	Superficie de trabajo: distinto nivel: Subir y bajar de la cadena de producción Esquivar puertas, falta ayuda mecanica.	Golpes, esguinces, lumbalgias	2	4	No aplica	Se cuenta con personal de aseo.	Programa de Prospero seguro	M E D I O

## 9.5 DEFECTOS DE CALIDAD ASOCIADOS A PUERTAS

Al igual que la productividad, la calidad es otro indicador que califica las plantas a nivel mundial. Este indicador se mide en def/veh y es bastante exigente. La línea de ensamble realiza el control de calidad al final de la misma. En este punto hay un grupo de inspectores que siguen un orden preciso para revisar la totalidad del vehículo. Durante esta revisión los defectos encontrados son registrados para el control y recuperación de los mismos.

Las puertas son para la calidad de los vehículos uno de los mayores focos de defectos. Su posición y manipulación durante todo el ensamble las hace vulnerables a ser deterioradas. Sobre el seguimiento que hace calidad a la salida del vehículo de montaje, se identifico que el 17 % de los defectos están asociados a las puertas.

Figura 30 Porcentaje de defectos asociados a puertas.



La posición de las puertas a lo largo de todo el proceso de ensamble genera diferentes desperdicios, tales como desplazamientos excesivos y poco



aprovechamiento de espacio. Estos desperdicios a su vez afectan la ergonomía, la calidad y en general la productividad del taller de montaje. La línea de puertas genera soluciones suficientes para eliminar los desperdicios generados por las puertas a lo largo del proceso, y abre las puertas para nuevos proyectos de mejora, como instalación de ayudas mecánicas, automatización, entre otros.

## 10. ANALISIS SECTORIAL

El sector automotriz exige a las ensambladoras estar a la vanguardia en sus productos y procesos. Es por esto que es tan importante la constante comparación con otras plantas. Sofasa como parte de un multinacional como Renault utiliza esta ventaja competitiva para apoyarse en los procesos ya utilizados en otras plantas de la casa matriz. Esta práctica permite evaluar que sistemas de los utilizados en otras plantas se acoplan a los sistemas actuales de la empresa y así mejorar la productividad.

Al evaluar la competencia se encuentra que tanto la casa matriz como sus competidores más cercanos utilizan este tipo de sistemas. Maracas como Ford, General Motors e inclusive Toyota utilizan ampliamente los sistemas de línea de puertas. Es para el estudio un punto claro que los beneficios de este tipo de sistemas son evidentes por su amplia utilización y mantenimiento en el tiempo.

Tabla 2 Plantas fabricantes de los modelos de Sofasa

MODELO	PLANTAS	CARACTERISTICAS
X65 (CLIO-SYMBOL)	BRASIL	LINEA DE PUERTAS
	TURQUIA	LINEA DE PUERTAS
	MEXICO	LINEA DE PUERTAS
X90 (LOGAN)	BRASIL	LINEA DE PUERTAS
	MARRUECOS	SIN LINEA DE PUERTAS
	RUSIA	SIN LINEA DE PUERTAS
	IRAN	EN PROYECTO
	INDIA	EN PROYECTO
	RUMANIA	EN PROYECTO
X64 (MEGANE)	ARGENTINA	SIN LINEA DE PUERTAS
X06 (TWINGO)	FRANCIA	LINEA DE PUERTAS

intra.renault@2006

En los sistemas de ensamble de puertas de las plantas Renault – Nissan, se utilizan ampliamente sistemas para retirar las puertas, ensamblarlas y luego ponerlas devuelta al vehículo. Plantas como la de Brasil, Turquía y México utilizan líneas de puertas en el ensamble de los mismos modelos que se ensamblan actualmente en Sofasa. Es claro que este tipo de sistemas aumenta de manera importante la productividad de las plantas ensambladoras. Su uso es generalizado a través de las marcas mundiales, y a lo largo de los años se populariza cada día más. Plantas como Irán, India y Rumania están en proceso de implementar este tipo de sistemas al igual que Sofasa. (Intra.renault@2006)

En general las plantas que tienen sistemas para el ensamble de puertas en Renault cumplen con varias condiciones importantes. Estas condiciones son reglas inquebrantables que tiene la casa matriz por diseño y conformidad de producto.

- Las puertas de un vehículo deben pintarse junto a la cabina del mismo, además las mismas puertas que se retiran de un vehículo deben ser las mismas que se ponen de vuelta. Esta condición garantiza la armonía del color de las puertas con respecto a la cabina, evitando con esto reclamaciones de calidad por problemas de apariencia. (Ing. Carlos Andrés Aguilar. SOFASA, DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE PROCESOS. 2006)

- Las puertas deben ensamblarse de nuevo sobre el vehículo antes de realizar la programación eléctrica. Todos los vehículos Renault utilizan sistemas eléctricos para el funcionamiento de diferentes sistemas. Al final de la línea de ensamble existe un computador que se encarga de programar todos los sistemas para el correcto funcionamiento del vehículo. Esta programación necesita tener las puertas en su lugar para poder integrar los circuitos que se encuentran al interior de las mismas. (Ing. Carlos Andrés Aguilar. SOFASA, DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE PROCESOS. 2006)

Estas condiciones llevan a tener para las plantas Renault, sistemas similares que cumplen esta función. En general se utiliza una cadena aérea de la misma longitud de la cadena de montaje. Al inicio de la línea de montaje se retiran las puertas y se enganchan a la cadena aérea. Luego viajan acompañando a la cabina correspondiente y al final de la línea se reincorporan al vehículo luego de ser ensamblados los componentes necesarios.

## 10.1 ETAPAS DEL ENSAMBLE DE PUERTAS

Para este proceso pueden identificarse tres etapas principales, mediante las cuales se completa el proceso de ensamble de puertas. Estas etapas son desmontaje, ensamble y remontaje.

### 10.1.1 Desmontaje.

El proceso de desmontaje consiste en tomar la cabina que viene del proceso de pintura y retirarle las puertas para engancharlas en la cadena aérea. En el desmontaje de la puerta se utilizan herramientas que facilitan el proceso de retirar las bisagras. Además se posiciona la puerta sobre elevadores automáticos que posicionan la puerta sobre la cadena aérea.

Figura 31 Dispositivos de desmontaje



intra.renault@2006

### 10.1.2 Ensamble.

El proceso de ensamble de la puerta consiste en instalar sobre la estructura metálica ya pintada, todos los componentes necesarios para el correcto funcionamiento y apariencia de la puerta. En este proceso se instalan todos los cableados, mecanismos y embellecedores que completan el sistema de la puerta. El tener las puertas por separado mejora las condiciones ergonómicas del ensamble, permite utilizar medios para el material mucho más ágiles para el ensamble y además el operario se desplaza junto con la puerta evitando movimientos innecesarios.

Figura 32 Línea de ensamble de puertas



intra.renault@2006

### 10.1.3 Remontaje.

El proceso de remontaje se refiere al proceso de poner las puertas ya ensambladas sobre la cabina a la cual se le retiraron. Para este fin se utilizan medios de transporte especializados, que cuidan sobremanera la calidad de la puerta y logran el montaje con mucha facilidad. Este proceso debe realizarse

antes de la programación electrónica del vehículo, para logra que esta se haga correctamente.

Figura 33 Dispositivos de remontaje



intra.renault@2006

En general se utilizan dispositivos similares para el ensamble de puertas en todas las plantas Renault. Este sistema ha generado grandes ganancias a nivel de calidad, costos, ergonomía y productividad. (Ing. Carlos Andrés Aguilar. SOFASA, DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE PROCESOS. 2006)

La comparación con las empresas del mismo sector arroja resultados importantes ya que la alta utilización de este sistema a nivel mundial es un indicador que nos permite afirmar la utilidad del sistema. Es por tanto para Sofasa un paso importante en términos de actualización tecnológica y mejora de productividad.

## 11. EVALUACION TECNICA

El proyecto de una línea de puertas en Sofasa nace como necesidad de mejorar la productividad al interior de la planta y el nivel general de la marca. Un proyecto de esta magnitud se centra en las experiencias obtenidas por otras plantas y busca generar sistemas confiables para el desarrollo de los procesos. El desarrollo de ingeniería de la línea de puertas esta liderado por la Universidad de Antioquia y asesorado por Sofasa.

El análisis técnico esta dividido en tres etapas principales. La primera consiste en evaluar si técnicamente los vehículos ensamblados en la planta pueden ensamblarse retirando las puertas. La segunda concierne a la escogencia del tipo de transporte a utilizar para las puertas, es decir el sistema a utilizar para llevar las puertas del inicio de la cadena de montaje, hasta el lugar donde serán ensambladas y finalmente de nuevo hacia el vehículo. Por ultimo se define, para este sistema de transporte, el diseño de los dispositivos de desmontaje, ensamble y remontaje.

### 11.1 ENSAYOS DE VALIDACIÓN

De información anterior se conoce que los vehículos fabricados en Sofasa se ensamblan también en otras plantas que utilizan línea de puertas. Sin embargo es de vital importancia la realización de ensayos para la validación técnica de retirar las puertas de los vehículos.

La evaluación de la situación actual de los vehículos de Sofasa, consiste en la realización de tres ensayos físicos. En estos se retiran manualmente las puertas de los vehículos y se ensamblan por fuera de línea. Los ensayos comprenden vehículos de todos los modelos y se realizan de manera progresiva. El primer

ensayo se realiza con un solo vehículo para evitar paros de producción en caso de tener problemas. En este ensayo las puertas se ensamblan por fuera del tiempo de ciclo, al igual que las operaciones de retirar y remontar las puertas. El segundo ensayo comprende 3 cabinas de diferentes modelos. En este ensayo las puertas se ensamblan a borde de línea y las operaciones de desmontaje y remontaje se realizan en tiempo de ciclo. Finalmente el tercer ensayo comprende 10 cabinas que cierran la evaluación. Este ensayo pretende evaluar el comportamiento de la línea, al tener una cantidad considerable de vehículos sin puertas, circulando sobre ella. Este procedimiento permite tener una imagen clara del proceso y de la viabilidad del remontaje de las puertas en serie.

Los ensayos además de entregar información clave para la evaluación técnica permiten obtener acercamientos a ganancias en productividad y calidad.

Tabla 3 Características de los ensayos

		DESMONTAJE		ENSAMBLE		REMONTAJE	
ENSAYO N°	N° VEH	UBICACIÓN	TIEMPO	UBICACIÓN	TIEMPO	UBICACIÓN	TIEMPO
1	1	FDL	SR	FDL	SR	FDL	SR
2	3	FDL	SR	BDL	TC	LP	TC
3	10	FDL	TC	BDL	TC	LP	TC

#### Convenciones de ubicación

\* FDL: Fuera de línea, por fuera de la cadena de montaje. Sin enganchar el vehículo.

\* BDL: A borde de línea. A ambos lados de la cadena de montaje.

\* LP: Línea de producción. Sobre la línea de producción con vehículo en movimiento.

#### Convenciones de tiempo

\* SR: Sin restricción de tiempo.

\* TC: Tiempo de ciclo. Tiempo determinado para realizar las operaciones en la línea por vehículo.



### 11.1.1 Primer ensayo.

El primer ensayo consiste en ensamblar un vehículo por la línea de montaje actual, habiendo retirado las puertas. Estas por su parte serán ensambladas por fuera de la línea, imitando de esta manera el flujo de los vehículos sin puertas. El vehículo para el ensayo escogido es un Symbol, ya que este tiene 4 puertas laterales, cuya fijación es por medio de pines. Todos los procesos se realizan por fuera del flujo y sin tiempos de ciclo para evitar paros de línea.

- Revisión por calidad: El vehículo una vez terminado el proceso de pintura, se lleva a una inspección por parte de calidad, para evaluar el estado inicial de las puertas. Se realiza esta inspección adicional con el fin de garantizar el buen estado de las puertas y así evitar distorsiones en los resultados.

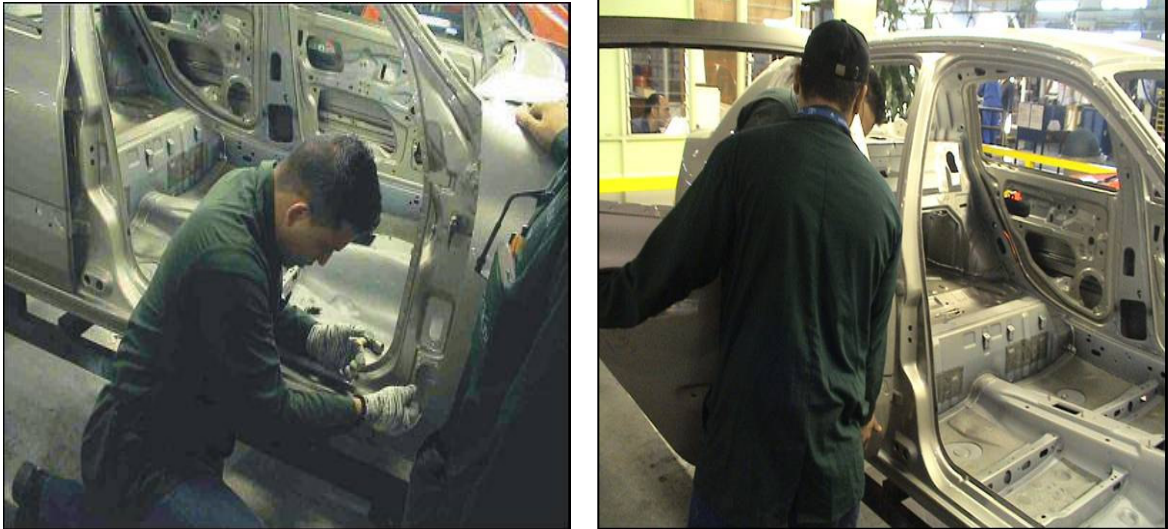
Figura 34 Inspección previa de calidad



- Retirar las puertas: Una vez revisadas las puertas por parte de calidad, se procede a retirar las puertas. Con la ayuda del departamento de soldadura se retiran las cuatro puertas del vehículo antes de montarlo sobre la línea de ensamble. En este proceso se busca evaluar el nivel de dificultad que implica retirar las puertas. Es importante determinar si esta operación puede meterse

dentro de un tiempo de ciclo determinado, y así incluirla en las operaciones de línea.

Figura 35 Desmontaje de puertas



- Ensamble de puertas: Ya retiradas las puertas del vehículo se procede a ensamblar sobre estas todos los componentes necesarios para completar el sistema. El ensamble de puertas se realiza por fuera de línea y sobre dispositivos de soporte modelo. El ensayo sirve para evaluar el impacto ergonómico de la operación y el tiempo necesario para ensamblar las puertas.

Figura 36 Ensamble de puertas fuera de línea



- Comportamiento del vehículo sin puertas: La cabina del vehículo sin puertas se desplaza sobre la línea de ensamble. En este punto se evalúa el comportamiento de las operaciones y las variaciones en los desplazamientos de los operarios. Además se realiza un seguimiento detallado al momento de realizar operaciones críticas como son el montaje del tablero de bordo y la cojinería.

Figura 37 Seguimiento sobre línea



- Remontaje de las puertas: Una vez ensambladas las puertas estas deben ser puestas de vuelta sobre el vehículo. De nuevo, con la ayuda del departamento de soldadura, se procede a regresar las puertas a su posición inicial sobre el vehículo. Este punto del proceso es muy importante, ya que al igual que el desmontaje, en un futuro debe ser realizado dentro del tiempo de ciclo. Es por esto que la evaluación inicial debe revelar dificultades que puedan observarse al momento de realizar la operación.

El proceso de remontaje tiene vital importancia debido a que las puertas tienen una posición específica sobre el vehículo que garantiza su correcta apariencia y funcionalidad. Esta posición se mide según los espacios que existen entre los límites de la puerta y el vehículo. A estas mediciones se les llama ajuste. El retirar las puertas y ponerlas de vuelta implica modificaciones en el posicionamiento de la puerta, por lo tanto es importante evaluar los resultados de ajuste.

El primer ensayo demuestra la viabilidad y beneficios que tiene el ensamblar las puertas por fuera de línea.

Figura 38 Remontaje por fuera de línea



### 11.1.2 Segundo ensayo.

El segundo ensayo consiste en realizar las mismas operaciones del primer ensayo, pero para tres vehículos. En este ensayo se incluye un factor adicional, y es que las operaciones de ensamble y remontaje deben realizarse en el tiempo de ciclo. Es importante aclarar que aunque no se cuenta con los dispositivos definitivos se obtienen datos que permiten estimar los comportamientos. Para el segundo ensayo se ensamblan dos cabinas de Megane y una de Clio. Se incluyen modelos diferentes al primer ensayo para obtener información detallada para cada modelo.

Para el segundo ensayo se repite la inspección de calidad del vehículo previo a retirarle las puertas. El desmontaje de las puertas se realiza con la ayuda del departamento de soldadura al igual que el ensayo anterior. El monitoreo de los vehículos sobre la línea se realiza puesto por puesto y busca al igual que el anterior evidenciar beneficios y oportunidades de mejora.

Los procesos de ensamble y remontaje de las puertas se realizan de manera diferente al ensayo anterior. En este caso el ensamble de las puertas se realiza a borde de línea, conservando así el espacio designado para esta operación y acercándose al tiempo de ciclo. De esta manera se cierra un poco las variables asociadas al proceso de ensamble y se acerca a como sería la operación en serie.

El proceso de remontaje de puertas, es un proceso crítico. Este debe realizarse dentro del tiempo de ciclo, garantizando la calidad del ajuste y siempre antes de la programación eléctrica del vehículo. En el segundo ensayo las puertas se ponen de vuelta al vehículo dentro de un puesto de la línea de montaje, específicamente F11. Esta característica implica la realización de la operación en el tiempo de ciclo de la línea.

En general el segundo ensayo es satisfactorio, ya que los tres vehículos se ensamblan sin dificultad. De los tres vehículos existió solo un defecto de deterioro causado en la línea de ensamble.

### 11.1.3 Tercer ensayo.

Terminado el segundo ensayo surge la incógnita de cómo sería el comportamiento de la línea con un numero considerable de vehículos sin puertas. El tercer ensayo consiste en enviar 10 vehículos que comprenden todos los modelos ensamblados por Sofasa, para verificar la viabilidad de ensamblarlos sin puertas. En este ensayo todas las operaciones se realizan en tiempo de ciclo y los 10 vehículos se envían seguidos para evaluar el comportamiento de la línea de montaje. El ensamble de puertas al igual que en el ensayo anterior se realiza a borde de línea, y el remontaje de puertas en el puesto F11.

Figura 39 Vista de línea sin puertas



El tercer ensayo permite conjugar vehículos de diferentes configuraciones para evaluar si las operaciones pueden realizarse en el espacio y tiempo necesarios. El ensamble y remontaje de las puertas para el segundo y tercer ensayo se realiza con dispositivos que no son los definitivos. Para esto se hace seguimiento a los tiempos de ambos ensayos y se concluye sobre la viabilidad de realizar estas operaciones en el tiempo de ciclo.

## 11.2 RESULTADOS DEL ENSAYO

- El retirar las puertas facilita de manera importante las operaciones más complicadas de la línea de montaje. Las operaciones de montaje de tablero, montaje de cojinería y el montaje de llantas se realizan de manera más ágil y se logra evitar movimientos y posiciones de riesgo ergonómico. El espacio generado abre la posibilidad de utilizar dispositivos de ayuda mecánica para las partes más pesadas.

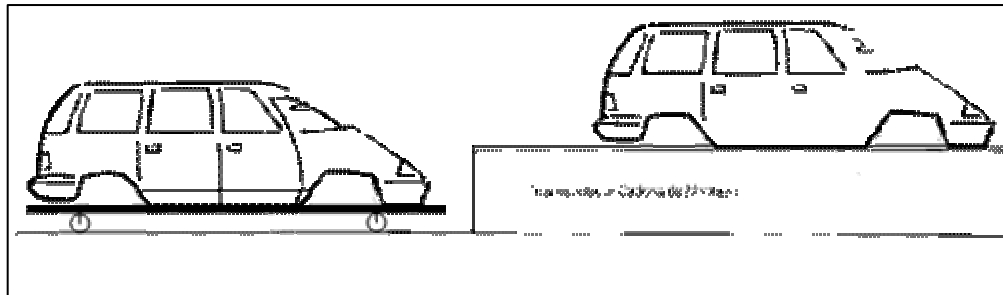
- La ausencia de las puertas reduce el número de desplazamientos realizados por cada operario al momento de realizar su puesto. La ausencia de las puertas reduce por operario, en promedio, 20 pasos en cada vehículo. Esto debido a que se evita esquivar las puertas al momento de ir a buscar el material y se facilitan las operaciones al interior del vehículo.

Esta reducción implica ahorros importantes en tiempo y mejora de productividad. El ahorro en desplazamientos podrá ser mayor, ya que puede reducirse el espacio actual de 1.8 m entre el operario y el material a 0.8 m que es lo recomendado. La reducción de 20 pasos por ciclo de producción significa una ganancia en productividad del 10% según el cálculo de horas hombre.

- Previo al montaje de los vehículos sobre la línea de ensamble, estos se almacenan sobre dollies que se mueven manualmente. Una vez en posición, se eleva la cabina por medio de un hanger y se posiciona sobre el inicio de M1R. El

desmontaje de las puertas no representa una operación de alta dificultad. Esta operación debe realizarse antes de enganchar la cabina a la cadena de montaje. El espacio utilizado para esta operación no debe superar los 6m que ocupa un puesto de línea y debe diseñarse un sistema para recircular los dollies.

Figura 40 Ingreso del vehículo a la línea de montaje



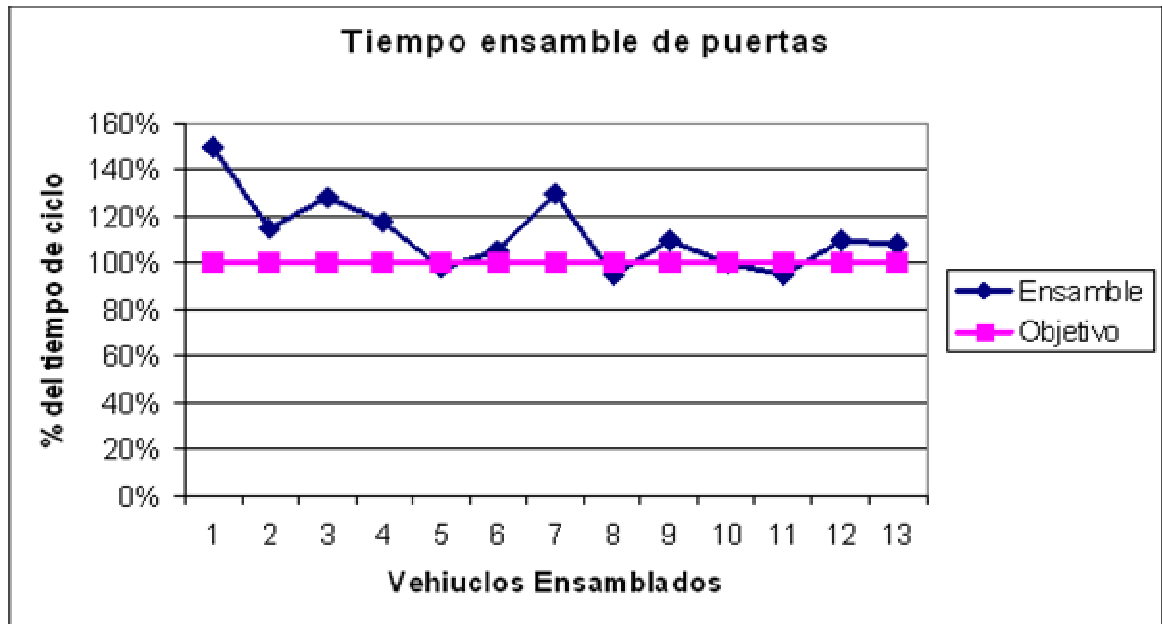
Preinforme Diseño línea de puertas Sofasa U. nacional. 2006

Existe una modificación requerida en los cableados de puerta del Logan, para facilitar el proceso de desmontaje y montaje. Esta modificación esta ya validada desde Brasil y tien un costo aproximado de 4,5 euros/veh. (Ing. Carlos Andrés Aguilar. SOFASA, DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE PROCESOS. 2006)

- Los resultados de calidad arrojados por los ensayos son realmente contundentes. No se generaron deterioros ni defectos asociados a puertas en ninguno de los 14 vehículos evaluados. La mejora en defectos de calidad implica la eliminación de las actividades de inspección realizadas por un inspector por turno. Además al evitar realizar recuperaciones se ahora en promedio \$475 por vehículo.
- El ensamble de puertas por fuera de línea mejora la ergonomía y facilita el montaje de diferentes componentes sobre la puerta. La calificación del grado de peligrosidad de los puestos mas críticos de la línea de ensamble, se disminuye de riesgo medio a riesgo bajo.



Figura 41 Tiempos de ensamble

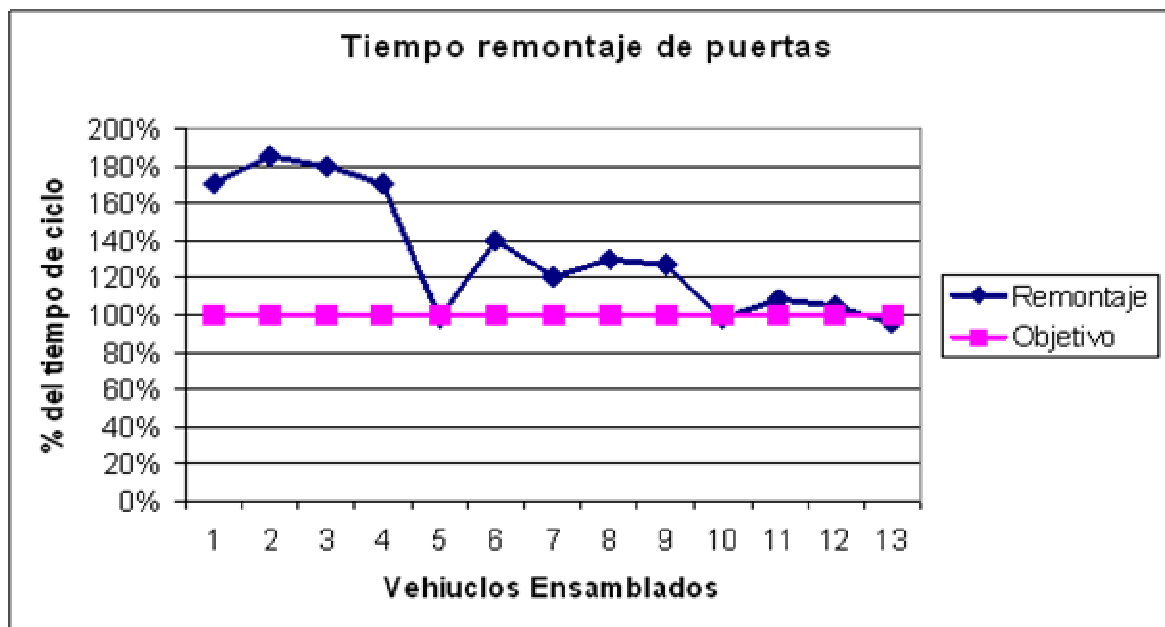


El ensamble de puertas muestra un comportamiento de curva de aprendizaje. Se mide el tiempo empleado para realizar la operación con respecto al tiempo de ciclo y se expresa en porcentaje. El proceso, aunque tiene tanto operaciones como dispositivos que no son los definitivos, logra obtener tiempos cercanos al tiempo de ciclo. El sistema seleccionado debe poder acoplarse y sincronizarse con la línea de montaje, y se debe poder operar independientemente si se requiere. Esto para tener congruencia con el nivel producción.

El espacio designado para la realización del ensamble y remontaje de puertas esta delimitado entre los puestos F10 y F14. Siendo F11 donde se realiza la programación eléctrica del vehículo. El área a utilizar es la que se encuentra a ambos lados de la línea de montaje 2. Deben respetarse las áreas de circulación, y además debe haber un espacio mínimo entre el vehículo y los periféricos de línea de 0.8m.

El remontaje de puertas sobre la línea es otra operación de sumo cuidado. El comportamiento que se observa es al igual que en el ensamble de curva de aprendizaje. El tiempo que se toma la operación mejora con cada nueva operación realizada. Se expresa el tiempo tomado para realizar la operación de remontaje en porcentaje con respecto al tiempo de ciclo de la línea de producción.

Figura 42 Tiempos de remontaje



Al igual que en el proceso de ensamble, el proceso de remontaje tiene un comportamiento positivo. Sin tener el proceso estandarizado, ni los dispositivos definitivos, se obtienen tiempos a la par del tiempo de ciclo. Esto indica que teniendo los herramientas adecuados podrá realizarse la operación en un tiempo menor al tiempo de ciclo y de esta manera seguir mejorando la productividad.

**Tabla 4 Síntesis general de ensayos**

HIPOTESIS DE LOS ENSAYOS	Etapa	Resultado
Ensayo 1 (Factibilidad Técnica)	Desmontaje	Viabile/Espacio de 6 m stock pintura.
	Ensamble	Viabile por fuera de línea.
	Montaje	Viabile
Ensayo 2 (Factibilidad Montaje)	Desmontaje	Viabile/Espacio de 6 m stock pintura.
	Ensamble	Viabile en tiempo de ciclo.
	Montaje	Viabile en tiempo de ciclo.
Ensayo 3 (Factibilidad producción en serie)	Desmontaje	Viabile en tiempo de ciclo.
	Ensamble	Viabile en tiempo de ciclo.
	Montaje	Viabile en tiempo de ciclo.

**Tabla 5 Hipotesis de ganancias**

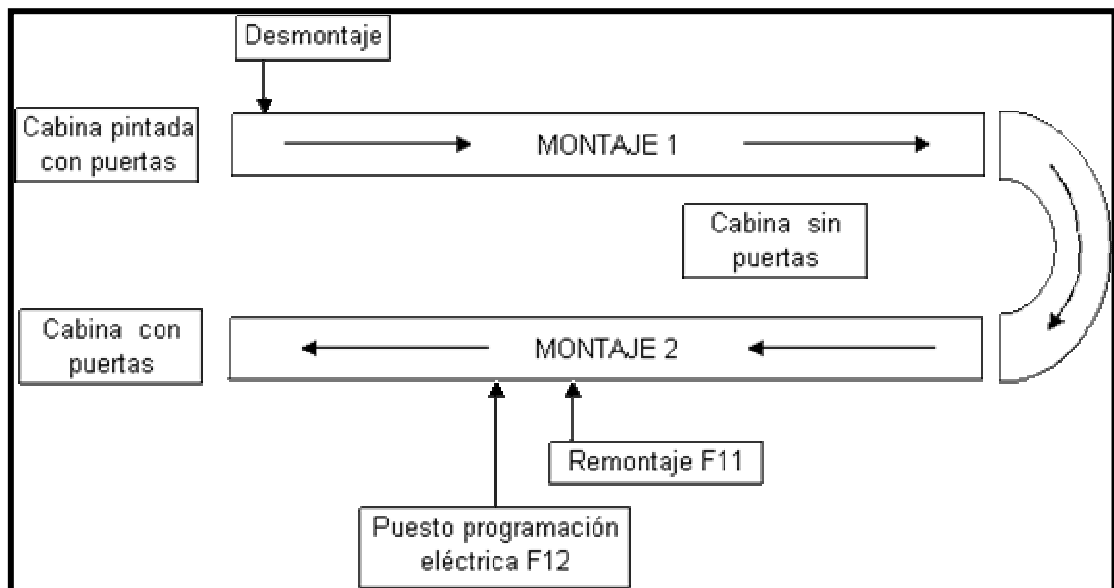
Hipotesis "LINEA DE PUERTAS PARA VEHICULOS RENAULT EN LA PLANTA DE SOFASA ENVIGADO."		
- Productividad Acumulada Línea Renault.	Horas Hombre	10% Abril 2007
- Ganancia por Calidad.	1 Inspector de Calidad x Turno	
- Ganancia por Daños y Averías	\$475 x Vehículo	
Costo Modificación Cable LOGAN x Vehículo	€ 4,50	

La conclusión general del ensayo arroja resultados satisfactorios, ya que se puede concluir que el proyecto es viable según las condiciones actuales. Además el proyecto otorga grandes ganancias en tiempo, desplazamientos ergonomía y calidad. El paso a seguir es determinar la manera como se realizara el almacenamiento y transporte de las puertas desde el punto de desmontaje hasta al punto de ensamble y remontaje.

## 12. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE SOLUCION

El sistema a utilizar para este propósito debe cumplir con las mismas condiciones relacionadas para las demás plantas en el mundo y las específicas para Sofasa. Es decir el sistema debe acoplarse a las diferentes restricciones y ser elegible por medio de criterios de selección definidos por Sofasa.

Figura 43 Sitios de montaje y desmontaje



### 12.1 RESTRICCIONES

La situación actual y la realización de los ensayos permite determinar una serie de restricciones, sobre las que se basa el diseño conceptual de la solución a implementar para el sistema de línea de puertas en Sofasa.

- En la zona de ingreso del vehículo a la Cadena de Montaje I (Almacenamiento sobre dollies) no puede utilizarse más de un puesto de trabajo 6m.

- Debe respetarse el FIFO, las puertas que se retiren a un vehículo deben ponerse de vuelta sobre el mismo.
- El ensamble de la puerta se debe realizar entre los puestos F10 y F14 de la cadena II.
- No se pueden ocupar los espacios actuales de circulación a nivel de la planta. En caso de línea aérea la altura libre mínima en estas zonas es de 3.0 m.
- En caso de utilizar instalaciones aéreas la altura mínima sobre las estaciones de trabajo de las cadenas de Montaje I y II es de 2.20 m.
- Los elementos estructurales del sistema diseñado deben apoyarse en lo posible en el piso. Se debe contemplar la reubicación de los elementos que se desplacen.
- El sistema propuesto debe acoplarse y sincronizarse con la línea actual. Debe existir la forma de operarlo en forma independiente en caso requerido.
- El montaje de las puertas debe realizarse con anterioridad a la programación eléctrica del vehículo..
- Se debe conservar una franja de 0.8 m a cada lado del vehículo como protección del mismo.
- El manual de ergonomía de SOFASA debe cumplirse en las diversas operaciones propuestas.
  - Es deseable la estandarización de marcas, diseños, etc. con respecto al resto de la planta.

## 12.2 CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Para cumplir con el propósito del sistema de línea de puertas existen diferentes sistemas. Por lo tanto con los parámetros establecidos y los requisitos del diseño se definen los siguientes criterios como base para la evaluación de las alternativas:

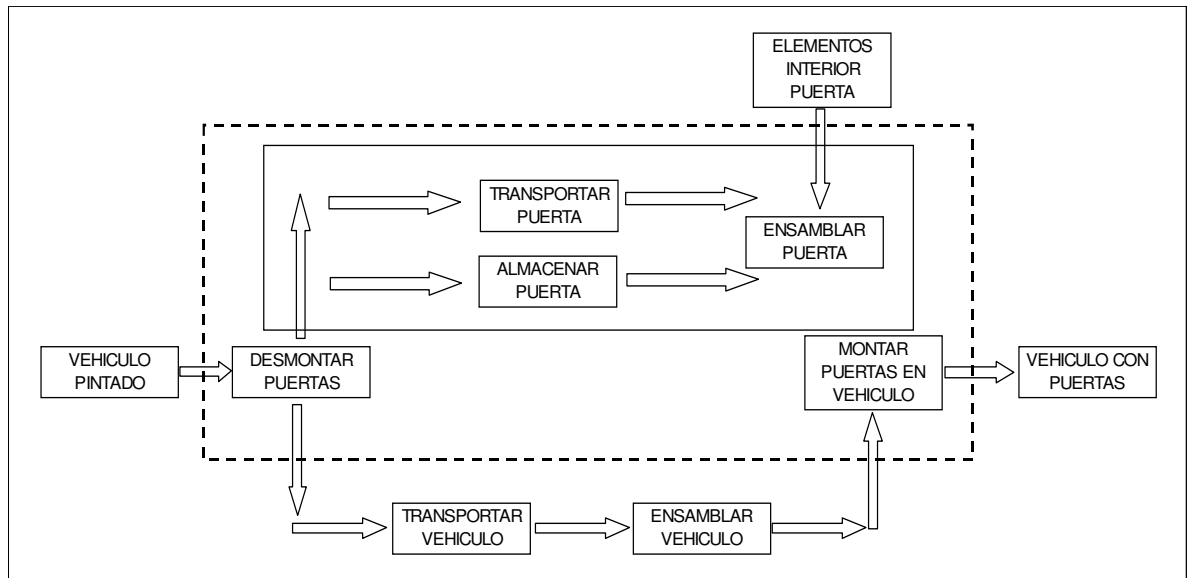
1. Costos de Inversión: Los costos asociados al transportador, dispositivos de montaje, matrices, obra civil y eléctrica, etc.
2. Costos de Operación: Los costos asociados al consumo de energía, mantenimiento, insumos, repuestos.

3. Confiabilidad: Posibilidad de falla o errores en la operación. Posibilidades de saltar un espacio, inversión en el orden, etc. Se puede estimar con base en:
  - Operaciones: Cantidad y complejidad de las operaciones requeridas.
  - Numero de Componentes del sistema
4. Flexibilidad: Posibilidad de hacer variaciones en la organización de la producción, tamaños de los puestos de trabajo, cadencia, implementación de nuevos productos, márgenes de separación entre unidades de transporte, etc.
5. Eficiencia del proceso: Se puede evaluar por factores tales como:
  - Desplazamientos operario
  - Ergonomía del trabajo.
  - Tiempo de transporte y montaje,
6. Área y volumen ocupado: Tamaño, ubicación, importancia de la zona afectada, etc.
7. Modificaciones en la planta actual. Magnitud de los Trabajos requeridos.
8. Interferencia durante el montaje con la producción actual.
9. Novedad de la solución
10. Contaminación: Ruido, polvo, suciedad, etc. que pueden producir en el ambiente o el producto. Pude ser ocasionada por la operación o mantenimiento.
11. Riesgos del producto: Protección de la integridad y conservación del producto en casos de falla, anormalidades en la operación, caso fortuito, etc

### 12.3 DISEÑO CONCEPTUAL

Una vez se tienen las restricciones y criterios de selección para las alternativas se procede a la realización del diagrama de funciones generales. Este diagrama indica las funciones asociadas al proceso e identifica entradas y salidas del sistema. Por fuera de la línea punteada se observan las funciones con que interactúa el sistema en los diferentes procesos de ensamble del vehículo. Su realización se implemento con la Universidad Nacional.

Figura 44 Diagrama de funciones principales



Preinforme Diseño línea de puertas Sofasa U. nacional. 2006

- Desmontar las Puertas: Comprende separar las puertas del vehículo pintado y llevarlas al sistema de transporte.
- Transportar Puertas: Se trata de llevar las puertas desde el lugar en que se quitan al vehículo hasta el lugar donde se reinstalan en el vehículo.
- Almacenar: Las puertas se retiran 35 a 39 estaciones antes del sitio de montaje. Por ello se requiere almacenarlas hasta el momento en que son requeridas para integrarlas al vehículo.
- Ensamblado de Puertas: Corresponde a la integración de la puerta piel con los demás elementos integrantes de la puerta (apoya brazos, vidrios, manijas, etc.)
- Montar las Puertas en el vehículo: Se trata de colocar las puertas en su respectiva posición en el vehículo. (Preinforme Diseño línea de puertas Sofasa U. nacional. 2006)

### 12.3.1 Alternativas sistema de transporte, almacenamiento y ensamble.

Las funciones de transporte, almacenamiento y ensamble son las más relevantes dentro del proceso de línea de puertas, es por esto que se realiza una matriz morfológica para la selección de alternativas. Las funciones de desmontaje y montaje de puertas sobre el vehículo son funciones que pueden resolverse con sistemas ya conocidos y previamente establecidos que facilitan el proceso de diseño. (Preinforme Diseño línea de puertas Sofasa U. nacional. 2006)

Tabla 6 Matriz morfológica

Energía		Transportador		Sistema Transp.		Almacenamiento		Ensamble	
1	Motor Central	1	Vehículo	1	Una Línea	1	Volumen	1	Inicio del Transporte
2	Motores Múltiples	2	Vehículo en rieles	2	Dos Líneas	2	En el piso	2	Durante el Transporte
3	Tracción Humana	3	A nivel continuo			3	Aéreo	3	Final del transporte
		4	Aéreo Continuo			4	Subterráneo		
		5	Aéreo Cont. con detenciones			5	Cadenas Actuales		
		6	Aéreo Discontinuo						
		7	Vehículo Rieles Aéreo						
		8	Cadenas Actuales						

Preinforme Diseño línea de puertas Sofasa U. nacional. 2006

Las alternativas sombreadas muestran los sistemas escogidos como alternativas viables. Esta selección se realiza en base a las diferentes restricciones del proceso y del espacio. Además se utilizan los criterios de selección sumados a la información de otras plantas para seleccionar las rutas de diseño. Se observa que las alternativas seleccionadas consideran solo sistemas aéreos, por lo tanto se consideran solo alternativas para estos sistemas en adelante.



### 12.3.2 El sistema aéreo.

Según el resultado de la matriz morfológica, se utilizarán sistemas de transporte aéreo. Este sistema será utilizado para cumplir con tres funciones que son Transportar, Almacenar y Desplazar las puertas en la zona de ensamble.

- Transportar las puertas entre las estaciones de desmontaje y montaje. Esta operación sucede en dos niveles, el primero a nivel de las cadenas de montaje uno y dos para las operaciones de desmontaje y montaje. El segundo nivel es por encima de la línea de ensamble para el transporte.

- Almacenar las puertas desmontadas durante el tiempo que toma el ensamblaje del vehículo entre la estación de desmontaje y montaje.

Las puertas deben retenerse en el transportador entre 2.5 y 4.5 horas. En este periodo se han acumulado las puertas de unos 38 vehículos que deben ser almacenadas. Para ello se pueden usar varias alternativas que se presentan a continuación.

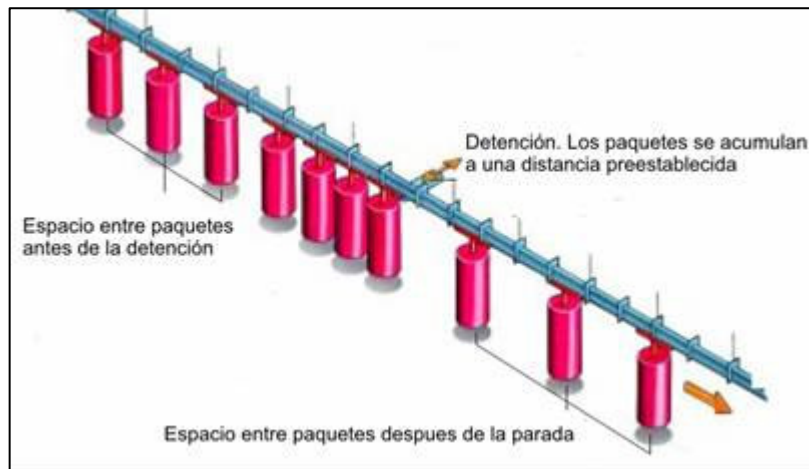
El sistema de almacenamiento para una cadena aérea es precisamente la longitud de la cadena misma. En este caso se consideran dos tipos de cadenas con propiedades diferentes. La cadena de tipo power only, cuya característica es que mantiene una velocidad constante. La segunda la cadena power free donde se puede disminuir la velocidad de parte del sistema, o inclusive detener un tramo de las puertas en particular. (Preinforme Diseño línea de puertas Sofasa U. nacional. 2006)

La cadena de tipo power only es una cadena bastante sencilla que no implica sistemas complicados de control. Su funcionamiento es prácticamente ON/OFF. A este tipo de cadenas puede variársele la velocidad, pero toda la cadena funcionara a la velocidad que se le asigne. La cadena power only tiene una longitud

aproximada de 228 m que corresponde a 6 m por vehículo, para la carga de 38 vehículos. (Preinforme Diseño línea de puertas Sofasa U. nacional. 2006)

La cadena de tipo power free permite que el paquete avance a la velocidad de la cadena o permanezca quieto en zonas determinadas. Esta característica permite realizar trabajos específicos sobre las puertas detenidas, acumularlas o hacerlas avanzar de acuerdo a las necesidades de la línea. Cuando los paquetes se detienen estos se acercan unos a otros acumulándose y permitiendo una mayor densidad de almacenamiento. (Preinforme Diseño línea de puertas Sofasa U. nacional. 2006)

Figura 45 Detenciones en transportadores Power and Free



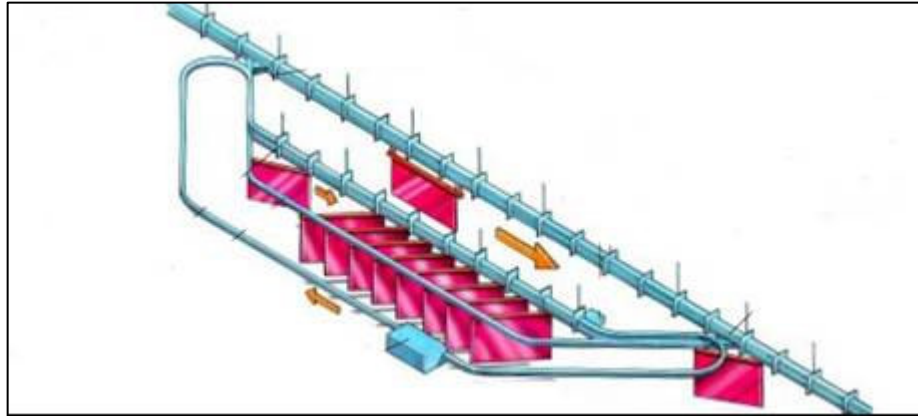
Preinforme Diseño línea de puertas Sofasa U. nacional. 2006

Adicionalmente los transportadores Power and Free permite acumular las piezas alargadas en dirección transversal ( Figura 8). Este tipo de acumulación permite una densidad muy alta de paquetes.

La cadena Power and Free requiere que la longitud del transportador entre la estación de desmontaje y la de montaje tenga del orden de 150 m para

acumulación longitudinal o 55 m en acumulación transversal en cada uno de los transportadores. (Preinforme Diseño línea de puertas Sofasa U. nacional. 2006)

Figura 46 Acumulación transversal en transportadores Power and Free



Preinforme Diseño línea de puertas Sofasa U. nacional. 2006

- Desplazar las puertas en y entre las estaciones en las cuales se realiza el proceso de ensamblaje

Los transportadores desplazarán las puertas en las estaciones de ensamblaje de las mismas. Las alternativas que permite cada transportador se presentan en los párrafos siguientes.

- Transportador power only: Este transportador opera siempre en forma continua. Por ello el trabajo en las estaciones debe realizarse con las puertas en movimiento igual a como se realiza en las cadenas de Montaje I y II.
- Transportador power free con puertas en movimiento: Si se mantiene las puertas en movimiento mientras se ensamblan la operación será similar a la realizada en transportadores Power Only. La velocidad de la cadena del transportador será del mismo orden que la de las cadenas actuales.
- Transportador power free con puertas detenidas. El operario realizará las labores de ensamblaje con la puerta detenida. .En el periodo de desplazamiento entre

estaciones no se podrá trabajar sobre las puertas generando tiempos muertos en el proceso. La cadena del transportador debe desplazarse con un velocidad elevada (unas 10 veces la de las cadenas de montaje I y II.) (Preinforme Diseño línea de puertas Sofasa U. nacional. 2006)

### 12.3.3 Evaluación cualitativa.

Terminada la matriz morfológica y teniendo las opciones para los sistemas preseleccionados se realiza la evaluación cualitativa de las diferentes rutas de diseño, según los criterios de selección de alternativas.

Tabla 7 Matriz de evaluación cualitativa

Variantes	Funciones					Criterios de Selección							Observaciones	Decisión
	Energía	Transporte	U. a Transportar	Almacenam.	Ensamble	Costo	Confiabilidad	Eficienc. Proceso	Modif. Montaje	Flexibilidad	Novedad	Protección Producto		
1	1	4	2	3	3	A	A	B	M	B	B	A		OK
2	1	5	1	3	3	M	B	M	A	M	M	M		OK
3	1	5	2	3	3	M	M	M	A	M	M	M		OK
4	2	7	1	3	3	B	B	A	A	A	A	M	Alto costo; excede requerimientos	X
5	2	7	2	3	3	B	B	A	A	A	A	M	Alto costo; excede requerimientos	X

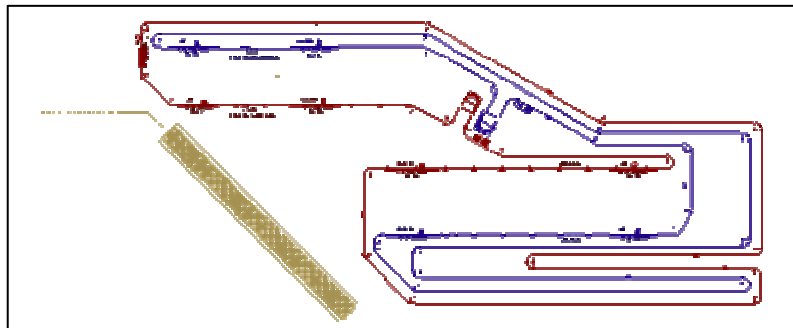
\* A= Alto; Buenas especificaciones, M= Medio; Especificaciones normales, B= Bajo; especificaciones bajas, OK= Aceptada X= Rechazada  
Preinforme Diseño línea de puertas Sofasa U. nacional. 2006

Como resultado de este análisis se obtienen tres líneas de solución que deben ser evaluadas con mayor rigor. Las tres variantes se podrían describir como:

1. Dos Transportadores aéreos Power Only, uno para cada costado, similar al utilizado actualmente entre las cadenas de montaje I y II.
2. Un Transportador Power and Free con bifurcaciones para las estaciones de desmontaje, ensamblaje y montaje.
3. Dos transportadores Power and Free, uno para cada costado.

#### 12.3.4 Transportadores Power Only.

Figura 47 Bosquejo con transportadores Power Only



Preinforme Diseño línea de puertas Sofasa U. nacional. 2006

Las características generales para el sistema power only se pueden reunir de la siguiente manera.

- La longitud entre las estaciones de desmontaje y de montaje es igual al número de vehículos que se están procesando (34 a 38) multiplicada por el paso entre las puertas de dos vehículos que es del orden de 6 m. Esta distancia (204 a 228 m) no puede ser variada. Cada transportador tendría una longitud total del orden 260 a 300 m, teniendo en cuenta el retorno.
- La velocidad a la cual avanzan las puertas es similar a las de las cadenas de montaje I y II (0.9 a 1.4 m/min.).

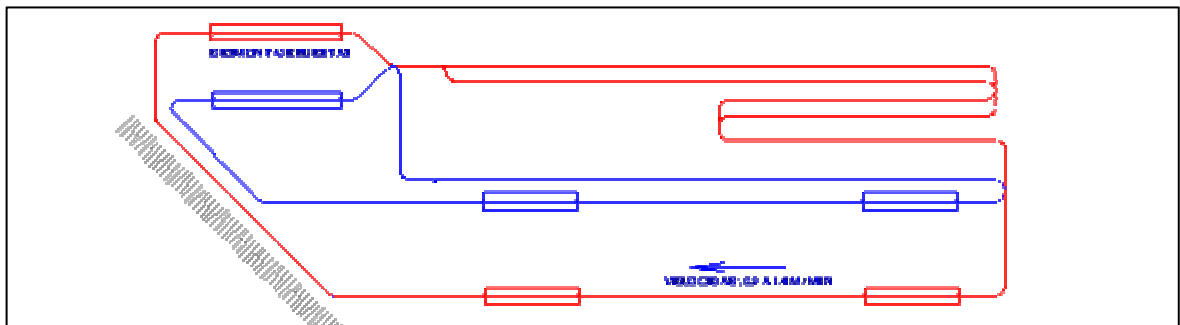
- El sistema trabaja a velocidad constante, no acelera ni desacelera las puertas por lo que no presenta choques entre piezas que produzcan ruido y desgaste.
- Las puertas tiene pocas posibilidades de sufrir daño dado que están espaciadas y no tienen bamboleos debidos a cambios de velocidad
- Es un sistema de alta fiabilidad, ya que los sistemas que lo componen son simples y de fácil mantención. (Preinforme Diseño línea de puertas Sofasa U. nacional. 2006)

En las diferentes operaciones del proceso de puertas los operarios trabajan con las puertas en movimiento de forma similar a las cadenas actuales.

### 12.3.5 Transportadores Power and Free.

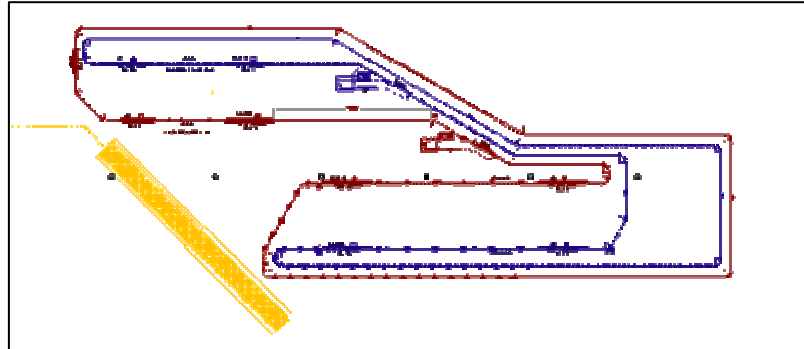
Los transportadores power and free proporcionan dos alternativas para cumplir con las funciones especificas. En las alternativas propuestas se ha buscado minimizar la longitud de los transportadores utilizando almacenamiento longitudinal y transversal.

Figura 48 Bosquejo transportador Power and Free alternativa 1



Preinforme Diseño línea de puertas Sofasa U. nacional. 2006

Figura 49 Bosquejo transportador Power and Free alternativa 2



Preinforme Diseño línea de puertas Sofasa U. nacional. 2006

Las dos variantes de solución utilizando power free tienen las siguientes características:

- Las puertas se pueden encontrar avanzando o detenidas.
- Las puertas se agrupan quedando en las zonas de almacenamiento con las separaciones mínimas establecidas, estas son muy inferiores a las del sistema power only
- La longitud entre las estaciones de inicio y finalización del proceso disminuye respecto al power only dado que se puede hacer almacenamiento longitudinal y transversal de las puertas.
- Para dos transportadores: Se tendrán longitudes de unos 250 m. para cada transportador, suficiente para almacenar las puertas.
- Para un solo transportador: Se tendrá una longitud de unos 300 m con acumulación transversal. Se requieren dos sistemas de potencia, retenciones y switches
- Las puertas al viajar sufren detenciones y aceleraciones. Este proceso produce choques que generan ruido y desgaste. Esto hace que el mantenimiento tenga que ser mas frecuente.
- Se pueden presentar errores en la coordinación de las detenciones y puertas en marcha.

- Los operarios pueden trabajar sobre las puertas avanzando a la velocidad del transportador o con ellas detenidas. Este hecho permite tener alternativas sobre el tamaño de las estaciones y los desplazamientos de los operarios.
- La longitud de la estación de montaje tendrá 6.00 m (idem a power only) para todos los casos
- La variante que utiliza un solo transportador requiere un sistema de control adicional para lograr la ubicación alterna de las puertas derechas e izquierdas y su entrega en la posición adecuada. Se pueden presentar errores ocasionales en estos dispositivos. (Preinforme Diseño línea de puertas Sofasa U. nacional. 2006)

### 12.3.6 Evaluación cuantitativa.

Las tres variantes de solución se evalúan de manera cuantitativa. Se presenta la valoración con pesos relativos de cada criterio de selección.

Tabla 8 Matriz de evaluación cuantitativa

No	CRITERIOS	PESO	Variante 1		Variante 2		Variante 3	
		%	Calific.	Pond..	Calific.	Pond..	Calific.	Pond.
1	Costos de Inversión	25	10	2,5	5	1,25	5	1,25
2	Costos de Operación	10	10	1	7	0,7	7	0,7
3	Confiabilidad	10	9	0,9	4	0,4	4	0,4
4	Flexibilidad	5	5	0,25	6	0,3	6	0,3
5	Parámetros de medición de eficiencia del proceso	5	6	0,3	4	0,2	4	0,2
6	Área y volumen ocupado	10	5	0,5	7	0,7	5	0,5
7	Modificaciones Implicadas en la planta actual	10	5	0,5	3	0,3	3	0,3
8	Interferencia durante el montaje con la producción actual.	5	3	0,15	3	0,15	3	0,15
9	Novedad de la solución	5	5	0,25	7	0,35	7	0,35
10	Contaminación	5	7	0,35	7	0,35	7	0,35
11	Protección del producto	10	8	0,8	5	0,5	5	0,5
	<b>TOTAL VARIANTE</b>	100		<b>7,5</b>		5,2		5

La calificación se asigna entre 0 y 10 para cada criterio.

Preinforme Diseño línea de puertas Sofasa U. nacional. 2006



La comparación de las características de las alternativas de transportadores Power and Free llevan a desechar la alternativa de transportador único dado que, a pesar de permitir algunas ventajas en el espacio ocupado y los tiempos de operación, requiere de sistemas mecánicos y de control más complejos y con mayores posibilidades de falla. En cuanto a la operación con las puertas detenidas se considera que no aporta en el caso específico de SOFASA elementos prácticos que justifiquen su implementación. Las soluciones convencionales de ensamble en movimiento, siendo más simples, aportan solución adecuada a los requerimientos.

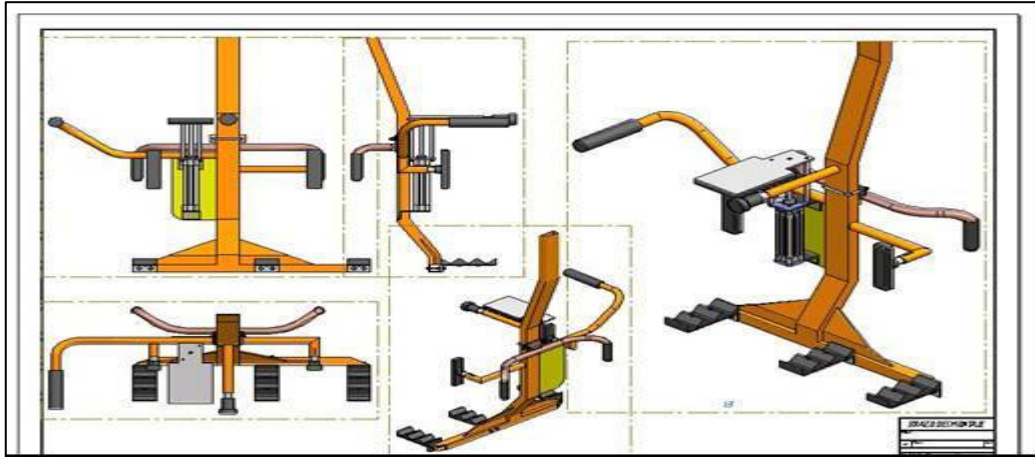
Luego en base a la comparación de criterios se selecciona el tipo de transporte power only, ya que en base a la ponderación de criterios es la alternativa mas adecuada, para cumplir con la función determinada.

#### 12.3.7 Dispositivos de desmontaje, ensamble y montaje de puertas.

Dentro del análisis de viabilidad del proyecto se encuentra que la cadena de transporte es el icono mas relevante para el análisis. Es por esto que los dispositivos de desmontaje, ensamble y remontaje serán seleccionados de dispositivos existentes en el know how de las plantas Renault que utilizan el sistema de puertas.

- Sistema de desmontaje: El sistema de desmontaje es igual para los tres sistemas analizados. Se utiliza un dispositivo que facilita la operación de retirar las puertas de los vehículos. Luego sobre este mismo dispositivo se lleva la puerta hacia los diferentes dispositivos transportadores. La diferencia importante para los dos sistemas de cadena aérea, es que en este punto la cadena desciende a nivel del piso para lograr enganchar los transportadores que llevan las puertas.

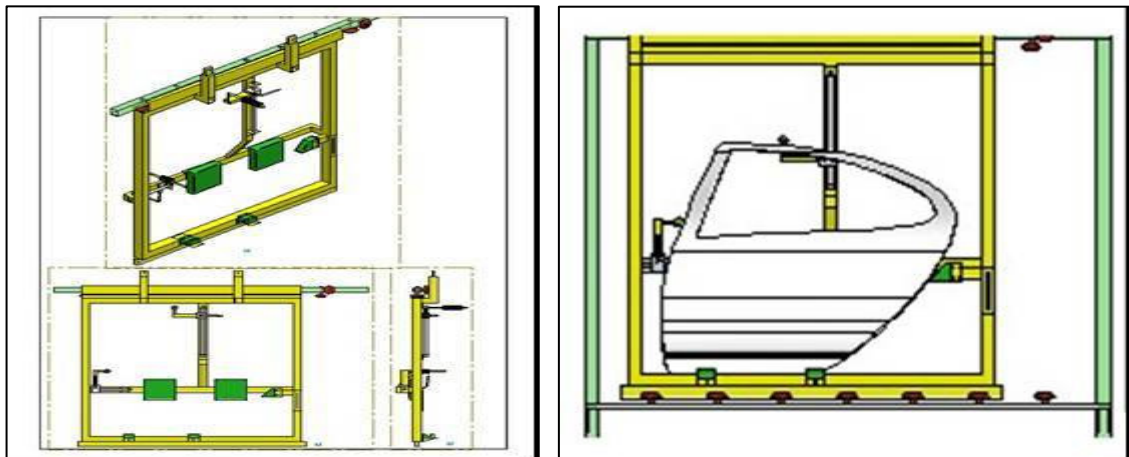
Figura 50 Dispositivo de desmontaje



Preinforme Diseño línea de puertas Sofasa U. nacional. 2006

- Sistema de ensamble: Al final de la cadena de montaje dos, la cadena aérea desciende hasta el nivel del suelo. En ese momento entra el operario a realizar el ensamble de las piezas que componen el ensamble de la puerta. Todo esto lo realiza mientras la puerta se mueve a lo largo del tramo de la cadena designado para el ensamble. La puerta se mantiene sobre el transportador que la sostiene a lo largo de toda la cadena.

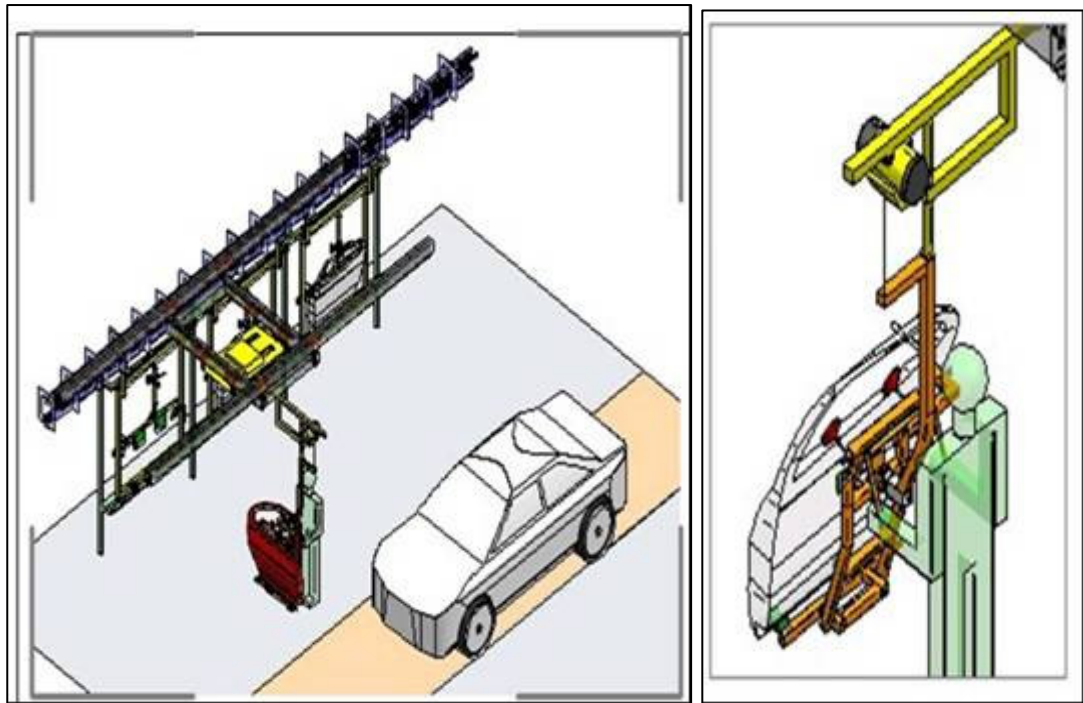
Figura 51 Dispositivo transportador



Preinforme Diseño línea de puertas Sofasa U. nacional. 2006

- Sistema de montaje: El dispositivo de montaje facilita el retirar la puerta de la cadena de transporte y su posicionamiento sobre el vehículo. Este dispositivo se vale de un sistema neumático que permite sostener la puerta del vidrio para evitar deterioros de calidad.

Figura 52 Dispositivo de montaje



Preinforme Diseño línea de puertas Sofasa U. nacional. 2006

De esta manera concluye el estudio técnico que arroja como solución el sistema de transporte power only. Mas detalladamente dos transportadores aéreos power only, uno para cada costado, con zonas de desmontaje, ensamble y montaje a nivel de piso y transporte y almacenamiento a nivel aéreo. Se procede a realizar el análisis económico de esta propuesta con el fin de determinar en términos económicos la viabilidad del proyecto.

## 13. ESTUDIO ECONOMICO

### 13.1 HIPOTESIS

Los diferentes cálculos realizados tienen como base hipótesis proyectadas en un escenario realista y coherente con la programación de producción y objetivos de la empresa.

Tabla 9 Ganancias del proyecto

Hipótesis "LINEA DE PUERTAS PARA VEHICULOS RENAULT EN LA PLANTA DE SOFASA ENVIGADO."		
- Productividad Acumulada Línea Renault.	Horas Hombre	10% Abril 2007
- Ganancia por Calidad.	1 Inspector de Calidad x Turno	
- Ganancia por Daños y Averías	\$475 x Vehículo	
Costo Modificación Cable LOGAN x Vehículo	€ 4,50	- 5% Abril 2007
		- 5% Abril 2008
		- 5% Abril 2009
Tasa de Cambio del Euro	\$3,340 en 2007	Devaluación Peso-Euro de 4.5% Anual
	\$3,490 en 2008	
	\$3,647 en 2009	
Costo Operario	\$ Salario Vigente	(IPC+1 de Aumento Salarial)
Costo Inspector	\$ Salario Vigente	(IPC+1 de Aumento Salarial)
Aumento Salarial	IPC + 1	Cada Octubre
IPC	5%	
Cadencia:	Según CP 2007-2008-2009	
Factor Prestacional	1,8	

Estos son los aspectos considerados para determinar las ganancias que pueden ser obtenidas con la ejecución del proyecto.

- Cadencia Renault: Esta es extraída de la CP(Control de producción), documento que muestra la cantidad de vehículos a producir mes a mes. La cadencia Renault es la que nos interesa directamente para el desarrollo de nuestros cálculos, ya que sobre esta estará enfocado nuestro proyecto.

- Cadencia Renault Logan: Esta también es extraída de la CP.

Es importante diferenciarla de la cadencia de producción total de Renault, ya que sobre esta directamente se realizaran cálculos asociados al costo que debe de ser asumido por el proyecto por una modificación en un cableado eléctrico, producto del cambio en el proceso de ensamble de las cabinas Logan sin puertas a lo largo de la línea de Ensamble.

- MOD (Vehículos con puerta): El cálculo de la mano de obra directa nos da como resultado la cantidad de operarios que se ven involucrados y que son necesarios para el ensamble del vehículo a lo largo de la línea de ensamble Renault.

La mano de obra directa es calculada a partir de la multiplicación entre las horas hombres, HH, y la cadencia mensual total Renault, luego se divide este factor por la multiplicación entre las horas reales a trabajar diarias y los días programados a laborar mensual. (Ing. Juan David Jaramillo. SOFASA, DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE PROCESOS. 2006)

Ecuación 1 Calculo MOD

$MOD = HH * CAD / HL * \text{Días laborales mensuales}$

MOD: Mano de obra directa.

CAD: Cadencia Renault mensual.

HL: Horas laborales diarias.

- MOD (Vehículo sin puertas): Luego de que se tiene la MOD requerida sin realizar el proyecto, ósea con los vehículos con puertas como es en la actualidad y la productividad acumulada que se puede obtener gracias a la realización del proyecto, se procede a calcular la nueva mano de obra directa requerida a partir de que se tenga el proyecto en marcha. La productividad influye directamente en las horas hombre. Lo que nos arrojará este cálculo será la cantidad de operarios requeridos para ensamblar un vehículo a partir de que se tenga el proyecto en marcha. (Ing. Juan David Jaramillo. SOFASA, DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE PROCESOS. 2006)

Ecuación 2 Cálculo MOD sin puertas

$$\text{MOD} = ((\text{HH} * \text{Productividad acumulada}) \text{ CAD}) / \text{HL} * \text{Días laborales}$$

- Ganancia MOD: Al tener la cantidad de personas requeridas por la línea de ensamble como diferencia de la MOD con puertas y la MOD sin puertas. El número de personas que gana el proyecto en disponibilidad se multiplican por su salario vigente y por su factor prestacional y se obtiene el valor monetario de esta ganancia.

## 13.2 INVERSIONES

La evaluación financiera toma como inversiones todas aquellas que el estudio técnico considera para la puesta en marcha del proyecto. Los costos de estas inversiones son sacados de las cotizaciones pedidas a diferentes proveedores, que se seleccionan según su especialidad y experiencia en cada uno de los temas. Algunos de los equipos requeridos para la realización del proyecto se cotizaron con proveedores en el exterior por el grado de especialidad y tecnología necesaria; otros equipos, herramientas y dispositivos son cotizados localmente. También se consideran inversiones en recurso humano necesario proveniente al

interior de la compañía. Las inversiones en equipos, herramienta y dispositivos son:

- Balanceadores Zimmerman: Estos están ubicados en los brazos para el desmonte y montaje de puertas. Tienen como función equilibrar las cargas de peso de las puertas y los dispositivos.
- Equipo Monorriel: Este sistema será utilizado para cumplir con tres funciones que son Transportar, Almacenar y Desplazar las puertas en la zona de ensamble.
- Panel de control para Monorriel: Se utiliza para el manejo y supervisión del equipo monorriel.

Los tres equipos anteriormente mencionados son cotizados en el exterior ya que son tecnologías que no se desarrollan localmente.

- Marcos transportadores: Estos cumplirán la función de transportar las puertas a lo largo de la totalidad de la línea de puertas. Son en dimensiones y formas estándar con el fin de servir a los diferentes tipos de puertas.
- Brazos para desmontar puertas: Estos estarán ubicados al principio de la línea de puertas y sirven como ayuda para el desmonte de las puertas del vehículo y posteriormente como transporte de estas hacia la línea de puertas.
- Brazos para montar puertas: Estos estarán ubicados al final de la línea de puertas y sirven para el transporte de las puertas del vehículo entre la línea de puertas y el vehículo y posteriormente como ayuda para montaje de las puertas en el vehículo.
- Sistema de guiado en las estaciones: Este sistema es utilizado en las líneas de ensamble de puertas para transportar estas mientras son ensamblados sus componentes propios antes de ser adheridas nuevamente al vehículo.
- Rejas de protección: Estas son instaladas debajo de toda la línea de puertas como medio de protección ante una eventual caída de puertas o dispositivos a lo largo de la línea aérea.

- Estructura de fijación: Se requiere reforzar y modificar el techo donde ira soportada la línea aérea y además se deben fabricar nuevas vigas para soportar el peso de la misma.

Finalmente se tiene inversiones en montaje, recurso humano, recurso económico para imprevistos y revisiones de la instalación.

Tabla 10 Inversiones para el proyecto

Inversiones				
Canti.	Descripción		Costo Unitario (Pesos)	Costo Total
5	Balanceadores Zimmerman	USD 3.718	\$ 8.904.579	\$ 44.522.895
1	Equipo Monoriel	USD 79.863	\$ 191.290.253	\$ 191.290.253
1	Panel de Control para Monoriel	USD 25.344	\$ 60.704.709	\$ 60.704.709
	Flete + Importación			\$ 57.799.244
160	Marcos Transportadores		\$ 780.000	\$ 124.800.000
2	Brazos para Desmontar la Puerta		\$ 25.000.000	\$ 50.000.000
2	Brazos Para Montar la Puerta.		\$ 15.000.000	\$ 30.000.000
1	Sistema de Guiado en Estaciones de Trabajo		\$ 15.000.000	\$ 15.000.000
300	Rejas de Protección		\$ 150.000	\$ 45.000.000
2	Sistema Eléctrico Revisión		\$ 5.000.000	\$ 10.000.000
	Imprevistos			\$ 30.000.000
20	Operarios-Montaje-2 semanas		\$ 1.836.000	\$ 39.471.000
1	Estructura de Fijación			\$ 60.000.000
	<b>TOTAL</b>			<b>\$ 758.588.516</b>



### 13.3 MODELO DE CALCULO RENAULT

El modelo de cálculo económico que se utiliza para la realización de la evaluación económica del proyecto es el modelo utilizado por Renault para la evaluación de proyectos. Este es un modelo de cálculo sencillo, el cual basa su funcionamiento en la comparación de dos alternativas. Las alternativas a evaluar son simplemente la realización del proyecto con inversiones y ganancias, y la no realización del proyecto con las pérdidas de beneficios por no realizar el proyecto.

Una vez se tienen las dos alternativas con sus inversiones y ganancias, en un tiempo determinado, el modelo calcula una diferencia entre ambas y entrega la valoración en tiempo de la recuperación de las inversiones. La información del flujo completo puede observarse en la tabla 12.

### 13.4 RESULTADOS DEL ANALISIS ECONOMICO

Para los proyectos evaluados según el modelo Renault, el factor principal a evaluar es el IP o índice que ganancia. Este factor indica las veces que se retorna el valor de la inversión con la aplicación del proyecto. El criterio de decisión definido por la casa matriz es que el proyecto será viable si  $IP > 2$ .

Tabla 11 Resultado evaluación económica

DIFFERENCE		
IP	VAN	TIR
2,3	948,983.762	174,60%
Récup. 14 mois	Récup. Act. 14 mois	TR (15,15) 64,3%

Según el resultado del modelo aplicado a la línea de puertas el resultado del IP es valido para el criterio de decisión además. El tiempo de retorno que nos arroja el proyecto es de 14 meses. Según este resultado el proyecto se considera viable económicamente.

Tabla 12 Modelo de calculo proyecto Renault

	SOLUTION NE PAS FAIRE			SOLUTION PROPOSEE			DIFFERENCE		
	IP	VAN	TIR	IP	VAN	TIR	IP	VAN	TIR
1,10%	nul	-836.848.037	#i DIV/0!	1,2	112.135.725	28,51%	2,30	948.983.762	174,6%
NON ACT.	Récup. s/objet	Récup. act. s/objet	TR(15,15) -100,0%	Récup. 24 mois	Récup. act. 28 mois		Récup. 14 mois	Récup. act. 14 mois	TR(15,15) 64,3%
ANNEE	Invest.	Produits	Solde				Invest.	Produits	Solde
Mar-07				251.994.963		-251.994.963	251.994.963	0	-251.994.963
Abr-07		-36.767.936	-36.767.936		\$ 36.767.936	36.767.936	0	73.535.872	73.535.872
May-07		-31.305.341	-31.305.341	312.074.309	\$ 31.305.341	-280.768.968	312.074.309	62.610.682	-249.463.627
Jun-07		-33.490.379	-33.490.379	134.471.415	\$ 33.490.379	-100.981.036	134.471.415	66.980.758	-67.490.657
Jul-07		-30.157.006	-30.157.006	60.000.000	\$ 30.157.006	-29.842.994	60.000.000	60.314.012	314.012
Ago-07		-25.557.902	-25.557.902		\$ 25.557.902	25.557.902	0	51.115.804	51.115.804
Sep-07		-26.461.093	-26.461.093		\$ 26.461.093	26.461.093	0	52.922.185	52.922.185
Oct-07		-27.147.619	-27.147.619		\$ 27.147.619	27.147.619	0	54.295.237	54.295.237
Nov-07		-28.990.866	-28.990.866		\$ 28.990.866	28.990.866	0	57.981.731	57.981.731
Dic-07		-35.568.466	-35.568.466		\$ 35.568.466	35.568.466	0	71.136.933	71.136.933
Ene-08		-21.654.815	-21.654.815		\$ 21.654.815	21.654.815	0	43.309.629	43.309.629
Feb-08		-20.528.386	-20.528.386		\$ 20.528.386	20.528.386	0	41.056.772	41.056.772
Mar-08		-20.528.386	-20.528.386		\$ 20.528.386	20.528.386	0	41.056.772	41.056.772
Abr-08		-27.495.771	-27.495.771		\$ 27.495.771	27.495.771	0	54.991.542	54.991.542
May-08		-40.042.477	-40.042.477		\$ 40.042.477	40.042.477	0	80.084.955	80.084.955
Jun-08		-45.209.317	-45.209.317		\$ 45.209.317	45.209.317	0	90.418.634	90.418.634
Jul-08		-41.075.845	-41.075.845		\$ 41.075.845	41.075.845	0	82.151.691	82.151.691
Ago-08		-40.042.477	-40.042.477		\$ 40.042.477	40.042.477	0	80.084.955	80.084.955
Sep-08		-37.975.742	-37.975.742		\$ 37.975.742	37.975.742	0	75.951.483	75.951.483
Oct-08		-40.338.250	-40.338.250		\$ 40.338.250	40.338.250	0	80.676.500	80.676.500
Nov-08		-36.156.812	-36.156.812		\$ 36.156.812	36.156.812	0	72.313.623	72.313.623
Dic-08		-40.347.283	-40.347.283		\$ 40.347.283	40.347.283	0	80.694.567	80.694.567
Ene-09		-30.704.294	-30.704.294		\$ 30.704.294	30.704.294	0	61.408.589	61.408.589
Feb-09		-25.534.367	-25.534.367		\$ 25.534.367	25.534.367	0	51.068.733	51.068.733
Mar-09		-22.949.403	-22.949.403		\$ 22.949.403	22.949.403	0	45.898.806	45.898.806
Abr-09		-32.015.591	-32.015.591		\$ 32.015.591	32.015.591	0	64.031.183	64.031.183
May-09		-25.938.857	-25.938.857		\$ 25.938.857	25.938.857	0	57.954.448	57.954.448
Jun-09		-32.015.591	-32.015.591		\$ 32.015.591	32.015.591	0	63.513.174	63.513.174
Jul-09		-31.497.583	-31.497.583		\$ 31.497.583	31.497.583	0	62.995.165	62.995.165
Ago-09		-24.182.702	-24.182.702		\$ 24.182.702	24.182.702	0	48.365.403	48.365.403
Sep-09		-24.182.702	-24.182.702		\$ 24.182.702	24.182.702	0	48.365.403	48.365.403
Oct-09		-26.987.918	-26.987.918		\$ 26.987.918	26.987.918	0	53.975.836	53.975.836
Nov-09		-28.207.065	-28.207.065		\$ 28.207.065	28.207.065	0	56.414.129	56.414.129
Dic-09		-31.864.505	-31.864.505		\$ 31.864.505	31.864.505	0	63.729.010	63.729.010

## 14. CONCLUSIONES

El estudio de prefactibilidad de la línea de puertas para la planta de Sofasa envigado arroja las siguientes conclusiones sobre los objetivos trazados:

- La situación actual de la línea de ensamble Renault en Sofasa presenta desperdicios en tiempos de desplazamiento, recuperación de defectos de calidad, problemas ergonómicos. Los cuales podrían mejorarse satisfactoriamente con la implementación de la línea de puertas.
- El proceso de ensamble de puertas en las demás plantas de Renault a nivel mundial tiende a utilizar los sistemas de línea de ensamble de puertas por los grandes beneficios que estos encierran.
- Luego de realizados los ensayos físicos se concluye que el proyecto es viable técnicamente para todos los modelos.
- La evaluación técnica arroja restricciones y criterios de selección necesarios para el diseño y selección de la solución a aplicar para la línea de puertas.
- Con las restricciones y criterios obtenidos en la evaluación técnica se obtiene una solución lo suficientemente aproximada para la línea de puertas con el apoyo de la Universidad Nacional. Esta permite la realización de la evaluación económica.
- La implementación de la línea de puertas abre la puerta para la implementación de diferentes sistemas de ayudas mecánicas, semi-automatizaciones y medios móviles de aprovisionamiento de piezas.

- El estudio técnico arroja las ganancias a obtener mediante la implementación del proyecto, a nivel de productividad, calidad y ergonomía. Factores que se reflejan en reducciones de costos.

- Una vez realizada la modelación económica del proyecto se concluye que según el índice de ganancia obtenido en el estudio, el proyecto es viable económicamente.

## 15. RECOMENDACIONES

- Sofasa debe continuar en el camino constante del mejoramiento continuo para poder competir en el mercado automotriz, y ser una planta elegible por la casa matriz.
- Con el fin de alcanzar los objetivos propuestos por Sofasa en sus planes de mejoramiento como el Altius 2008, se debe seguir buscando mejorar las condiciones de la línea de ensamble mediante sistemas que faciliten y agilicen las operaciones.
- La integración de conocimiento y desarrollo de las plantas a nivel mundial, debe incrementarse para lograr estándares de producción mas acordes al ritmo de desarrollo del sector automotriz.

## 16. BIBLIOGRAFIA

Sofasa@2006

Contiene información acerca del sistema de gestión de calidad de SOFASA.

Citado en Febrero de 2006. Disponible en:

<http://www.sofasa.com.co/Sofasa/Sofasa.nsf/vstImagenporcateg/4E3ED7F8EB96499305256BD8005D6084?OpenDocument>

Contiene la información más relevante de la historia de SOFASA desde sus inicios hasta su actualidad. Citado en Febrero de 2006. Disponible en:

<http://www.sofasa.com.co/Sofasa/Sofasa.nsf/vstImagenporcateg/4E3ED7F8EB96499305256BD8005D6084?OpenDocument>

Contiene la misión, visión, propósito y filosofía de SOFASA como empresa. Citado en Febrero de 2006. Disponible en:

<http://www.sofasa.com.co/Sofasa/Sofasa.nsf/vstImagenporcateg/4E3ED7F8EB96499305256BD8005D6084?OpenDocument>

Contiene una breve descripción de los procesos realizados en SOFASA. Citado en Febrero de 2006. Disponible en:

<http://www.sofasa.com.co/Sofasa/Sofasa.nsf/vstImagenporcateg/4E3ED7F8EB96499305256BD8005D6084?OpenDocument>

renault@2006

Contiene la gama de vehículos Renault disponibles en Colombia. Los ensamblados en SOFASA y los importados por esta. Citado en Marzo de 2006.

Disponible en:

<http://www.renault.com.co/RenaultSITE/gama/todosVehi/ppalGama.html>

[intra.renault@2006](mailto:intra.renault@2006)

Contiene información de todas las plantas de Renault en el mundo. Procesos, fotografías, diagramas, etc. Citado en Marzo y Julio de 2006. Acceso disponible únicamente para personal Renault autorizado.

<http://www.intra.renault.com>

Información y asesoría suministrada en Febrero y Marzo de 2006:

Ing. Carlos Andrés Aguilar. SOFASA, DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE PROCESOS. 2006

Preinforme Diseño línea de puertas Sofasa U. nacional. 2006

Contiene información del proceso de diseño de la línea de puertas de Sofasa, realizado en conjunto con la Universidad Nacional.

Información y asesoría suministrada en Agosto de 2006:

Ing. Juan David Jaramillo. SOFASA, DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE PROCESOS. 2006

IMAI MASAOKI, Gemba Kaizen. Mc Graw Hill, Colombia, 1998.