



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE UN FONDO BLANCO
EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE PINTURA DE
DAIMLERCHRYSLER DE VENEZUELA C.A.**

Universidad de Carabobo

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO PRESENTADO ANTE LA ILUSTRE UNIVERSIDAD
DE CARABOBO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO QUÍMICO**

Monsalve, B. Daniela.

Valencia, 25 de Marzo de 2008



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA



**EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE UN FONDO BLANCO
EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE PINTURA DE
DAIMLERCHRYSLER DE VENEZUELA C.A.**

Universidad de Carabobo

Tutor Académico:

Prof. María del Carmen Rodríguez

Presentado por:

Monsalve, B. Daniela.

Tutor Industrial:

Ing. Pedro Torrealba

Valencia, 25 de Marzo de 2008



AGRADECIMIENTOS

A Dios Jehová, por permitirme la vida, la salud y la inteligencia.

A la Universidad de Carabobo, principalmente a los profesores de la facultad de ingeniería, por todos los conocimientos y valores impartidos a lo largo de mi carrera.

A la Empresa DaimlerChrysler de Venezuela C.A., por permitirme realizar el presente trabajo de grado en sus instalaciones para mi desarrollo profesional.

A mi tutora académica Maria del Carmen Rodríguez, por ayudarme a reforzar mi confianza en esta etapa culminada en mi vida, por medio de ese espíritu luchador, arriesgado y emprendedor que la caracteriza Profe., además por toda su ayuda y disposición brindada en todo el desarrollo de esta investigación. Muchas Gracias!

A mi tutor Industrial Pedro Torrealba, por compartir todos sus conocimientos y aprendizajes en todo el desarrollo de la investigación.

A todos los trabajadores de planta del Departamento de Pintura de la Empresa DaimlerChrysler de Venezuela C.A., incluyendo a todo el personal que labora desde el túnel de fosfato hasta el área de retoque. A cada uno de ustedes muchachos Gracias!... Por siempre brindarme siempre un SI de ayuda, Mil Gracias! Por mostrarme la humildad que los caracteriza y los hace ser cada día mejores seres humanos. Me llevo de ustedes más que conocimientos enseñanzas de vida...Mucho más valiosas para mí.

A mi amigo Oscar Guerrero, por estar siempre allí dispuesto ayudarme, por tu espíritu alegre y practico.... Gracias Oscar...

Al Señor Galicia, por mostrarme su sencillez y su sabiduría al ser constante para no abdicar.



DEDICATORIA

A mi Madre Rosa Elena Bigott, Aunque físicamente no estas, se que estas tan alegre como yo de culminar esta etapa en mi vida, Lo logramos Mamá! Este triunfo es mas tuyo que mío, disfrutémoslo juntas. Te amo.

A mi Papá Jesús Alfredo Monsalve, Por enseñarme todos los valores y éticas que rigen el camino de mi vida. Por tu perseverancia y constancia, el mejor ejemplo para llegar a culminar mi carrera.

A mis Hermanas, Tías y Abuelas: Gabriela, Adriana, Marlene, Belkis, Zaida, Maria y carmen Lola, por apoyarme a lo largo de este camino, brindándome amor y apoyo.

A mis Amigos: Alexandra Gutiérrez, Feliche Iovine, Vanesa Salinas, Víctor Barrios, Rene Martínez, por ayudarme en la culminación de mi Tesis de Grado.



RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo general evaluar un fondo de color blanco en línea de pintado automotriz DaimlerChrysler C.A. con la finalidad de mejorar la apariencia de las unidades de color blanco piedra y así optimizar la producción, proporcionando una mejor calidad del producto.

La metodología empleada se divide en varias etapas, la primera etapa se fundamenta en conocer el proceso de pintado automotriz para las unidades de color blanco piedra, identificando las condiciones de operación y equipos involucrados. La segunda consistió en analizar los productos que intervienen en el proceso con el fin de conocer las variables que lo afectan. La tercera etapa se basó en generar el diseño de experimento a emplear para conocer el estado de las unidades bajo la situación actual y situación propuesta. La cuarta etapa fue comparar los resultados obtenidos a fin de validar la mejora bajo la nueva propuesta de acuerdo a las especificaciones de la empresa y la quinta etapa se basó en evaluar una relación de costo-beneficio de la propuesta planteada.

Entre las conclusiones más relevantes de la evaluación se tiene, que la apariencia de las unidades de color blanco piedra mejora considerablemente si se utiliza un fondo de color blanco. La capacidad del proceso bajo la nueva propuesta genera menos variabilidad en el mismo obteniéndose un porcentaje de aumento para el autospect del 28% con respecto a los valores actuales. El ahorro en costo por unidad si se utiliza la nueva propuesta es de 8% para las unidades Caliber, 8% para las unidades Cherokee y el 9% para las unidades Grand Cherokee. También es importante resaltar que con la nueva propuesta (fondo blanco) se elimina el escurrido y el fallo de color en dichas unidades. Se recomienda evaluar la gama de colores de los fondos Value Shade en las restantes bases de color utilizadas por la empresa en el proceso de pintado automotriz.

Palabras claves: Fondo, base color, tono final, espesor, apariencia.



ABSTRACT

The present work has as general aim evaluate a bottom of white color in line of identical self-propelling DaimlerChrysler C.A. with the purpose of improving the appearance of the units of white color stone and this way optimize the production, providing a better quality of the product.

The used methodology divides in several stages, the first stage I base in the process knows of painted self-propellingly for the units of white color stone, identifying the conditions of operation and involved equipments. The second one consisted of analyzing the products that it intervenes in the process in order to know the variables that they it affect. The third stage I base in generating the design of experiment to using to know the condition of the units under the current situation and proposed situation. The fourth stage was to compare the results obtained to end to validate the improvement under the new offer of agreement to the specifications of the company and the fifth stage I base in evaluating a relation of cost-benefit of the raised offer.

Between the conclusions more relevant of the evaluation there is had, that the appearance of the units of white color stone improves considerably if there is in use a bottom of white color. The capacity of the process under the new offer generates less variability in the same one a percentage of increase being obtained for the autospect of 28 % with regard to the current values. The saving in cost for unit if the new offer is in use is 8 % for the units Caliber, 8 % for the units Cherokee and 9 % for the units Grand Cherokee. Also it is important to highlight that with the new offer there is eliminated the drained one and the failure of color in the above mentioned units. Value Shade recommends to him to evaluate the range of colors of the funds in the remaining bases of color used by the company in the process of painted self-propellingly.

Key words: Fund, base color, final tone, thickness, appearance.



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	5
1.2.1 Situación Actual.....	6
1.2.2 Situación Deseada.....	6
1.3 OBJETIVOS.....	7
1.3.1 Objetivo General.....	7
1.3.2 Objetivos Específicos.....	7
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	8
1.5 LIMITACIONES.....	8
CAPÍTULO II. MARCO REFERENCIAL	9
2.1 ANTECEDENTES.....	9
2.2 BASES TEÓRICAS.....	13
2.2.1 Pintura Automotriz.....	13
2.2.2 Sistema de pintado automotriz.....	14
2.2.2.1 Sustrato.....	14
2.2.2.2 Cristales de fosfato.....	14
2.2.2.3 Tratamiento anticorrosivo por electrodeposición (E-coat).....	15
2.2.2.4 Fondo.....	16
2.2.2.5. Base color.....	16
2.2.2.6. Transparente.....	17
2.2.3.Desempeño de la pintura automotriz.....	17
2.2.3.1. Propiedades de la película.....	17
2.2.3.1.1. Químicas.....	17
2.2.3.1.2. Mecánicas.....	18
2.2.3.1.3. Apariencia.....	19
2.2.3.2.Propiedades de la pintura líquida.....	22



2.2.4. Sistema Value Shade.....	23
2.2.5. Defectos que pueden presentarse en la película de pintura.....	24
2.2.6. Parámetros principales en el sistema bi-capa.....	34
2.2.7. Diagrama causa-efecto	39
2.2.8. Diagrama de pareto.....	42
2.2.9. Minitab.....	42
CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	44
3.1 ETAPA DE FOSFATO.....	45
3.1.1. Predesengrase.....	45
3.1.2. Desengrase.....	45
3.1.3 Enjuague 1.....	46
3.1.4 Activador	46
3.1.5 Fosfato.....	46
3.1.6 Enjuague 2.....	46
3.1.7 Pasivador.....	46
3.1.8 Enjuague 3.....	47
3.1.9 Agua Desionizada.....	47
3.2. ETAPA E-COAT.....	47
3.2.1. Baño de pintura por electrodeposición.....	47
3.2.2. Enjuague 1.....	48
3.2.1. Enjuague 2.....	48
3.2.2. Horno de e-coat.....	48
3.3. ETAPA DE LATONERÍA Y SELLO.....	48
3.4. ETAPA DE FONDO.....	49
3.4.1. Cabina de fondo.....	49
3.4.2. Curado de fondo.....	49
3.5. ETAPA DE LIJADO.....	50
3.6. ETAPA DE CABINA DE COLOR Y HORNO DE CURADO.....	51
3.7. ETAPA DE RETOQUE.....	53
CAPÍTULO IV MARCO METODOLÓGICO.....	55
4.1. CONOCIMIENTO DEL PROCESO DE LA LÍNEA DE PINTURA.....	56



4.1.1. Familiarización con el proceso de pintado y retoque de unidades.....	56
4.1.2. Revisión de la información en la empresa y entrevistas con el personal	56
4.1.3. Caracterización general del proceso y del producto final.....	57
4.2 DIAGNÓSTICO DEL PROCESO ACTUAL DE PINTADO AUTOMOTRIZ PARA LAS UNIDADES BLANCO PIEDRA MEDIANTE LA INSPECCIÓN DIRECTA.....	57
4.2.1. Identificación de los factores que afectan la calidad de las unidades.....	57
4.2.2. Construcción del diagrama causa-efecto general.....	58
4.2.3. Construcción de matriz causa-efecto.....	58
4.2.4. Especificación de los rangos de operación para las variables de entrada a manipular.....	59
4.3. GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS QUE PERMITAN MEJORAR LA APARIENCIA ACTUAL DE LAS UNIDADES BLANCO PIEDRA.....	59
4.3.1. Revisión y selección de la metodología experimental a emplear.....	59
4.3.2. Creación del diseño de experimentos para verificar el estado actual de las variables.....	60
4.3.3. Desarrollo del diseño de experimentos.....	63
4.4. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS A FIN DE VALIDAR EL MEJORAMIENTO DE LAS UNIDADES BLANCO PIEDRA.....	67
4.4.1. Creación y análisis de la matriz comparativa.....	68
4.5. EVALUACIÓN DE LA RELACIÓN COSTO-BENEFICIO DE LA NUEVA PROPUESTA.....	68
4.5.1. Determinación de los indicadores económicos del proceso actual y propuesto.....	68
4.5.2. Análisis de la alternativa propuesta.....	69
CAPÍTULO V RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	70
5.1. CONOCIMIENTO DEL PROCESO DE LA LÍNEA DE PINTURA (CABINA DE COLOR Y RETOQUE).....	70
5.1.1 Familiarización con el Proceso de Pintado y Retoque de unidades.....	70
5.1.2 Entrevistas con el personal calificado y revisión bibliográfica de los manuales logrando la identificación del proceso.....	70



5.1.3. Caracterización general del proceso y del producto final.....	
5.2 DIAGNÓSTICO DEL PROCESO ACTUAL DE PINTADO AUTOMOTRIZ PARA LAS UNIDADES BLANCO PIEDRA MEDIANTE LA INSPECCIÓN DIRECTA.....	74
5.2.1. Identificación de los factores que afectan la calidad de las unidades.....	74
5.2.2. Construcción del diagrama Causa-efecto.....	75
5.2.3. Construcción de la matriz causa-efecto.....	76
5.2.4. Especificación de los rangos de operación para las variables de entrada a manipular.....	81
5.3. GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS QUE PERMITAN MEJORAR LA APARIENCIA ACTUAL DE LAS UNIDADES BLANCO PIEDRA.....	82
5.3.1. Revisión y selección de la metodología experimental a emplear.....	82
5.4. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS A FIN DE VALIDAR EL MEJORAMIENTO DE LAS UNIDADES BLANCO PIEDRA.....	89
5.5. EVALUACIÓN DE LA RELACIÓN COSTO-BENEFICIO DE LA NUEVA PROPUESTA.....	90
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	95
CONCLUSIONES.....	95
RECOMENDACIONES.....	97
REFERENCIAS.....	98
APÉNDICE A: ENCUESTAS.....	100
A.1 Encuesta # 1.	101
A.2 Encuesta # 2.	102
APÉNDICE B: PROCEDIMIENTOS.....	103
B.1. Procedimiento para Mediciones de Autospect por medio del equipo Wave Scan Dual.....	104
B.2. Procedimiento para la medición de espesores Fisherscope Multi 750C.....	105
B.3. Procedimiento para la obtención de materias primas consumidas.....	106
APÉNDICE C: TABLAS DE DATOS.....	108
C.1. MEDICIÓN DE ESPESORES Y AUTOSPECT BAJO LA SITUACIÓN ACTUAL REALIZADAS A LAS UNIDADES CALIBER COLOR BLANCO PIEDRA...	109



C.2. MEDICIÓN DE ESPESORES Y AUTOSPECT BAJO LA SITUACIÓN ACTUAL DE LAS PRUEBAS REALIZADAS A LAS UNIDADES CHEROKEE COLOR BLANCO PIEDRA.....	109
C.3. MEDICIÓN DE ESPESORES Y AUTOSPECT BAJO LA SITUACIÓN ACTUAL DE LAS PRUEBAS REALIZADAS A LAS UNIDADES GRAND CHEROKEE COLOR BLANCO PIEDRA.....	110
C.4 MEDICIÓN DE ESPESORES Y AUTOSPECT BAJO LA SITUACIÓN PROPUESTA DE LAS PRUEBAS REALIZADAS A LAS UNIDADES CALIBER COLOR BLANCO PIEDRA.....	110
C.5 MEDICIÓN DE ESPESORES Y AUTOSPECT BAJO LA SITUACIÓN PROPUESTA DE LAS PRUEBAS REALIZADAS A LAS UNIDADES CHEROKEE COLOR BLANCO PIEDRA.....	111
C.6 MEDICIÓN DE ESPESORES Y AUTOSPECT BAJO LA SITUACIÓN PROPUESTA DE LAS PRUEBAS REALIZADAS A LAS UNIDADES GRAND CHEROKEE COLOR BLANCO PIEDRA.....	111
C.7 RESULTADOS DE LA ENCUESTA # 1	112
C.8 RESULTADOS DE LA ENCUESTA # 2	112
APÉNDICE D: RESULTADOS ESTADÍSTICOS.....	113
D.1 ARREGLO ORTOGONAL DISEÑADO PARA LA FASE EXPERIMENTAL DE LA INVESTIGACIÓN.....	114
D.2 VALORES CUANTIFICABLES DE LA DISTRIBUCIÓN F.....	115
APÉNDICE E: CALCULOS TÍPICOS.....	117
E.1 Diagnóstico del proceso actual de pintado automotriz para las unidades de color blanco piedra mediante la inspección directa	117
E.2. Determinación de las variables involucradas en el proceso.	118



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
TABLA 4.1. Medición de espesores y autospect bajo la situación actual de las pruebas realizadas a las unidades caliber color blanco piedra.....	66
TABLA 5.1 Matriz causa-efecto del proceso de pintado automotriz para las unidades de color blanco piedra.....	79
TABLA 5.2 Variables involucradas en el proceso de pintado automotriz de las unidades color blanco piedra.....	81
TABLA 5.3 Rangos de las variables de entrada del proceso de pintado automotriz para las unidades blanco piedra.....	81
TABLA 5.4 Arreglo ortogonal diseñado para la fase experimental de la investigación.....	82
TABLA 5.5 Resultado del análisis estadístico aplicado a los valores del rendimiento del proceso de evaluación de un fondo blanco.....	84
TABLA 5.6 Valores de Autospect bajo el estado actual y propuesto de las unidades caliber color blanco piedra.....	85
TABLA 5.7 Valores de Autospect bajo el estado actual y propuesto de las unidades cherokee color blanco piedra.....	86
TABLA 5.8 Valores de Autospect bajo el estado actual y propuesto de las unidades grand cherokee color blanco piedra.....	87
TABLA 5.9 Media desviación estándar y capacidad del proceso bajo el estado actual y estado de mejora.....	89
TABLA 5.10 Mejor condición de operación para las unidades blanco piedra empleando la nueva propuesta.....	90
TABLA 5.11 Consumo de materias primas por m ² de superficie del proceso actual de pintado automotriz para las unidades caliber cherokee y grand cherokee.....	91
TABLA 5.12 Consumo de materias primas por m ² de superficie del proceso de pintado automotriz para las unidades caliber cherokee y grand cherokee utilizando la nueva propuesta.....	91



TABLA 5.13	Costos de materias primas por m ² de superficie del proceso actual de pintado para las unidades caliber cherokee y grand cherokee.....	92
TABLA 5.14	Costos de materias primas por m ² de superficie del proceso de pintado para las unidades grand cherokee utilizando la nueva propuesta.....	93
TABLA 5.15	Porcentaje de ahorro en el proceso de pintado para las unidades caliber cherokee y grand cherokee utilizando la nueva propuesta.....	93
TABLA C.1	Medición de espesores y autospect bajo la situación actual de las pruebas realizadas a las unidades caliber blanco piedra.....	109
TABLA C.2	Medición de espesores y autospect bajo la situación actual de las pruebas realizadas a las unidades cherokee blanco piedra.....	109
TABLA C.3	Medición de espesores y autospect bajo la situación actual de las pruebas realizadas a las unidades grand cherokee blanco piedra.....	110
TABLA C.4	Medición de espesores y autospect bajo la situación propuesta de las pruebas realizadas a las unidades caliber blanco piedra.....	110
TABLA C.5	Medición de espesores y autospect bajo la situación propuesta de las pruebas realizadas a las unidades cherokee blanco piedra.....	111
TABLA C.6	Medición de espesores y autospect bajo la situación propuesta de las pruebas realizadas a las unidades grand cherokee blanco piedra.....	111
TABLA C.7	Resultados de la encuesta # 1.....	112
TABLA C.8	Resultados de la encuesta # 2.....	112
TABLA D.1	Arreglo ortogonal diseñado para la fase experimental.....	114
TABLA D.2	Valores cuantificables de la distribución F.....	115





ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1.1 Diagrama de bloque de proceso de unidades del departamento de pintura de DaimlerChrysler de Venezuela.....	3
FIGURA 1.2 Diagrama de bloque del proceso de pintado y retoque de unidades del área de cabina color y retoque del departamento de pintura de DaimlerChrysler de Venezuela.....	4
FIGURA 2.1 Representación del sistema completo de la pintura automotriz...	15
FIGURA 2.2 La rueda del color. Los doce colores básicos.....	21
FIGURA 2.3 Sistema de coordenadas de color CIE.....	22
FIGURA 2.4 Sistema de colores de Fondos Value Shade.....	24
FIGURA 2.5 Película de pintura veteada o con moteo.....	25
FIGURA 2.6 Falta de adherencia entre capas.....	26
FIGURA 2.7 Pintura ampollada.....	26
FIGURA 2.8 Película cascarosa.....	27
FIGURA 2.9 Película con ondulaciones.....	28
FIGURA 2.10 Escurrido de base.....	28
FIGURA 2.11 Falta de curado.....	29
FIGURA 2.12 Película de pintura carente de brillo.....	30
FIGURA 2.13 Película de pintura con fallo color.....	31
FIGURA 2.14 Película de pintura fuera de tono.....	31
FIGURA 2.15 Película de pintura con solvente atrapado.....	32
FIGURA 2.16 Película de pintura con moteaduras.....	33
FIGURA 2.17 Presencia de grumos y semillas en la película de pintura.....	34
FIGURA 2.18 Película de pintura con mapeo.....	34
FIGURA 2.19 Diagrama Causa–Efecto correspondiente al método de las 6M’s.....	40
FIGURA 2.20 Menú principal del software estadístico Minitab.....	43



FIGURA 3.1	Etapas del proceso del Departamento de Pintura de la empresa DaimlerChrysler C.A.....	44
FIGURA 3.2	Fases del proceso en la etapa de Fosfato	45
FIGURA 3.3	Fases del proceso en la etapa de E-coat.....	48
FIGURA 3.4	Fases del proceso en la etapa de latonería y sello.....	49
FIGURA 3.5	Fases del proceso en la etapa de fondo.....	50
FIGURA 3.6	Fases del proceso en la etapa de lijado	50
FIGURA 3.7	Fases del proceso en de Cabina de color y Horno de curado.....	51
FIGURA 3.8	Fases del proceso en el área de Retoque.....	53
FIGURA 4.1	Pasos para la creación del diseño de experimentos.....	60
FIGURA 4.2	Selección del número de factores y niveles.....	61
FIGURA 4.3	Establecimiento de los parámetros necesarios.....	62
FIGURA 4.4	Definición de los factores de diseño y sus niveles.....	62
FIGURA 4.5	Hoja del diseño factorial de experimentos.....	63
FIGURA 4.6	Aplicación del análisis factorial.....	67
FIGURA 5.1	Diagrama de pareto de los factores de mayor influencia en el proceso de pintado para las unidades de color blanco piedra.....	71
FIGURA 5.2	Diagrama de pareto de los defectos mas comunes que presentan las unidades de color blanco piedra al finalizar el proceso de pintado automotriz.....	75
FIGURA 5.3	Diagrama de Ishikawa de la apariencia deficiente de las unidades de color blanco piedra.....	77
FIGURA 5.4	Diagrama de Ishikawa de las variables más relevantes que ocasionan la apariencia deficiente en las unidades de color blanco piedra.....	78



INTRODUCCIÓN

Los primeros antecedentes de los fondos automotrices se encuentran a de los años cincuenta, en lo que fue conocido como protector japonés. Este protector fue utilizado para pintar los primeros automóviles fabricados a principios del siglo veinte y durante un par de décadas fue el único usado en la naciente industria automotriz. El acabado que se obtenía era de muy poca calidad y duración. Al principio de los años se desarrolló un tipo de fondo que empezó a revolucionar la industria automotriz. Este fondo fue una pintura a base de resina de nitrocelulosa. Este producto superaba por mucho todas las características de su antecesor, presentaba un secado mucho más rápido, y una mayor capacidad de nivelar la superficie. Además, este tipo de fondo poseía la propiedad del brillo, lo que mejoraba la apariencia del sistema final.

A partir de entonces se inició un constante e interminable desarrollo tecnológico, en la tecnología de los recubrimientos anticorrosivos, cuyas características resultaron ser beneficiosas para el acabado de pintado automotriz, permitiendo una mayor durabilidad del producto y mejor nivelado de la superficie, gracias a sus nuevas propiedades tales como: adherencia, brillo, flexibilidad y durabilidad. En la última década surgió en el mercado la tecnología de fondos Value Shade, sistema de camada de fondo que minimiza la espesura del color de la sobrecamada necesaria para obtener una combinación de colores. el sistema consiste en siete diferentes tonos de gris o siete diferentes niveles de luminosidad, variando del blanco al gris oscuro. Para cada base color siempre existirán dos colores de fondo Value Shade compatibles con el tono del color de la base, es decir cada base podrá ser aplicada sobre dos colores de fondo, donde presentara mayor compatibilidad con uno mas que con otro.

El objetivo general de esta investigación se basa en evaluar la propuesta de aplicación de un fondo blanco, en el área de pintura de DaimlerChrysler C. A., con la finalidad de mejorar la calidad de las unidades de color blanco piedra.



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Esta sección consta de una descripción detallada del problema en estudio en términos precisos, la identificación de la situación actual y deseada, el planteamiento de los objetivos que conducen a la solución, el conjunto de argumentos que sustentan el interés en la realización de dicha investigación y los factores que limitan su desarrollo.

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

DaimlerChrysler C. A., es una empresa que se dedica al ensamblaje y comercialización de una gran variedad de vehículos automotores, que ha sido por muchos años la encargada de cubrir y satisfacer los requerimientos y gustos de sus clientes. Para el desempeño de sus funciones cuenta con una planta ensambladora ubicada en la Zona Industrial Norte, Av. Pancho Pepe Croquer, Valencia del estado Carabobo. Marcas tales como *Jeep, Dodge y Mercedes Benz*, forman parte del programa de su producción. La planta se encarga de ensamblar cuatro modelos de vehículos automotores los cuales son: *Caliber, Cherokee, Grand Cherokee y el camión utilitario*. Además, existe una línea de producción que se encarga de la elaboración de los chasis para los autobuses *Mercedes Benz*.

El proceso de ensamblaje se inicia en el área de desempaque, donde se recibe el material de fabricación nacional e importado y se distribuye entre las diferentes líneas de producción, pasa al departamento de carrocería donde se emprende el proceso de ensamblaje. Luego continúa con la colocación de guardafangos, capot, puertas y compuertas en las estaciones de acabado final del área de electropunto (repunteo). La unidad (vehículo) avanza hacia el área de acabado metálico, donde se hace la preparación del metal. Seguidamente pasa al departamento de pintura, el cual se divide en ocho (8) áreas: fosfato, e-coat, latonería, sello, fondo, lijadura, cabina de color y retoque. (Ver Figura 1.1)

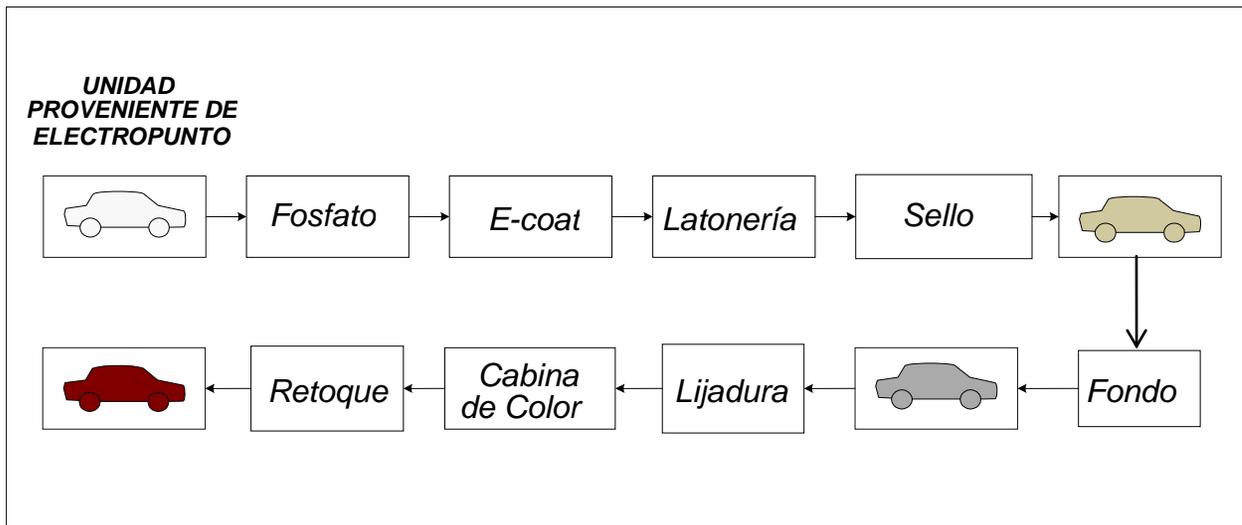


Figura 1.1. Diagrama de bloque del proceso de pintura de las unidades en DaimlerChrysler de Venezuela.

Luego la unidad prosigue a la línea de tapicería, donde se hace la vestidura de la misma. Posteriormente pasa a chasis donde se le instala el diferencial, la caja, el tanque de gasolina, amortiguadores, cauchos y el motor. Finalmente la unidad entra a la línea donde se verifican los torques, se alinean las luces, las ruedas y se carga el aire acondicionado. Una vez completados estos procesos, la unidad es sometida a diferentes pruebas: agua, carretera, frenos, etc., una vez aprobadas son distribuidas a los diferentes puntos de ventas.

En la etapa *cabina de color* se lleva a cabo el proceso de pintado (Ver Figura 1.2), el cual consiste de una cabina que está compuesta por cuatro (4) secciones donde circula la unidad, cuyo objetivo final es proporcionarle color y brillo al vehículo. La sección uno realiza la aplicación de la primera mano de base color (pintura a base de pigmentos cromáticos) con pistolas de aspersion electrostáticas, con la finalidad de cubrir la totalidad de las zonas visibles de la unidad; seguidamente en la sección dos se aplica la segunda mano de base color con el propósito de uniformar y mejorar la apariencia del vehículo; continuamente, en la sección tres se aplica la primera mano de transparente, protector que proporciona el acabado de alto brillo a la unidad; finalizando con la sección cuatro donde se aplica la segunda y última mano de transparente.

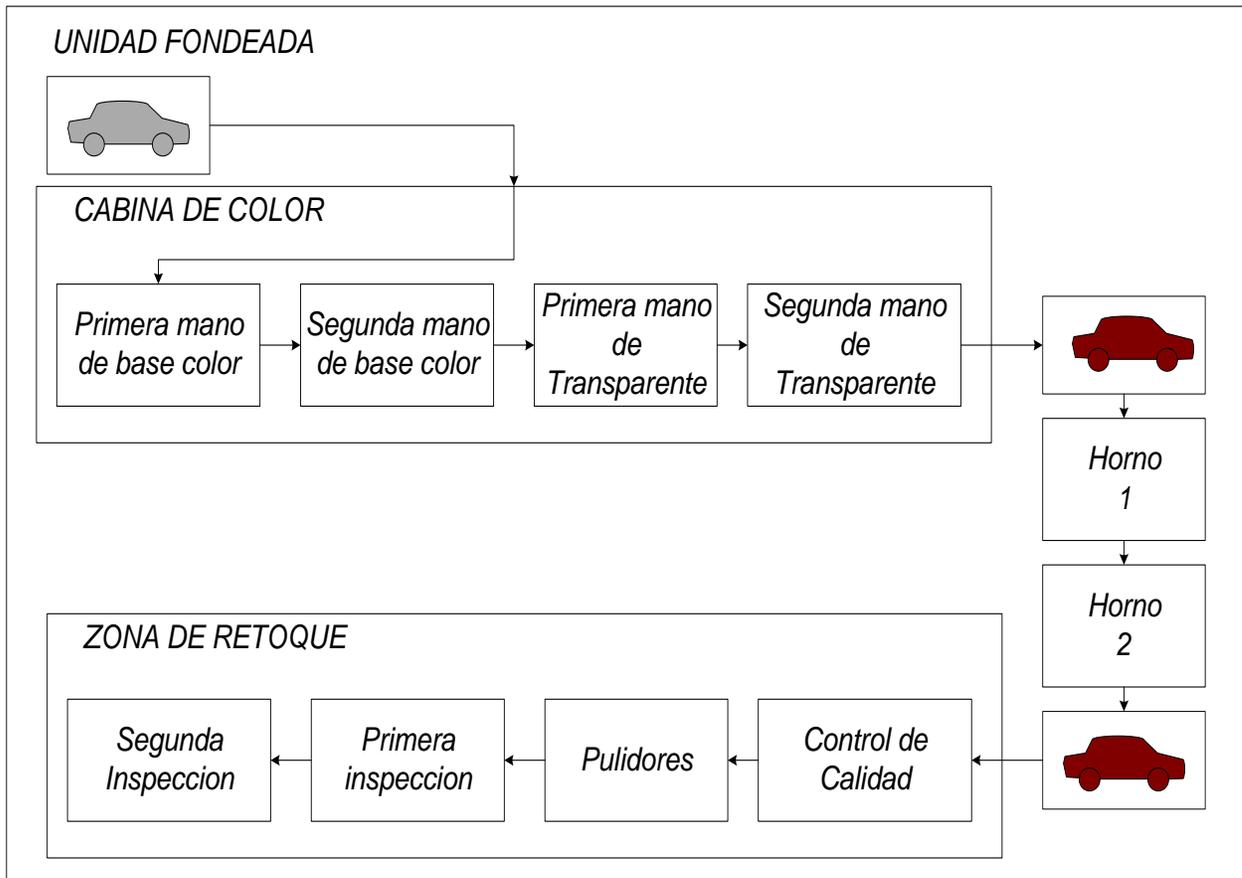


Figura 1.2. Diagrama de bloque del proceso de pintado y retoque de unidades del área de cabina color y retoque del departamento de pintura de DaimlerChrysler de Venezuela.

Una vez aplicada todas las pinturas de acabado a la unidad, entra al horno 1 que trabaja a una temperatura de 30 °C, volatilizando los solventes atrapados de las capas de base color y transparente, posteriormente entra al horno 2 donde se seca finalmente la pintura, este consta de tres zonas, una de radiación y dos de convección.

Al salir del horno de color la unidad pasa a la *zona de retoque*, esta consta de cuatro (4) secciones, su objetivo es el de corregir o reparar los defectos que posea la unidad. En la sección uno se realiza el control de parámetros de calidad, espesores de base, valores de brillo, distinción de imagen y piel de naranja (autospect); para verificar que estén dentro de los valores corporativos a fin de conservar la apariencia del



vehículo, en la segunda parte se procede a la eliminación de sucios de horno y partículas de pintura que pueda presentar la unidad, seguidamente en la sección tres, la unidad es inspeccionada para detectar los defectos originados por aplicación de pintura que puedan ser reparados a fin de retocarlos y eliminarlos, en la sección cuatro se realiza una segunda inspección para corregir los defectos no visualizados en la sección anterior.

La sección de la línea de pintura, es un punto crítico en el ensamblaje de vehículos ya que es donde se le proporciona la apariencia final a la unidad. Actualmente la empresa presenta problemas de apariencia en las unidades de color blanco; se desea mejorar la apariencia de dichas unidades, para esto se propone realizar un estudio de aplicación de esta pintura sobre un fondo de color blanco (value shade); consiste en la aplicación de fondos de color en la escala de blanco a gris oscuro según el tono de la pintura; esta tecnología permite un mayor desempeño y rendimiento de la misma, garantizando la disminución del espesor y proporcionando un mejor nivelado en la película de pintura, garantizando también entre algunas de sus ventajas: aumento de distinción de imagen, brillo y disminución de la piel de naranja (autospect); disminución de los defectos originados por aplicación de base de color como: escurrido y fallos de color, tomando en cuenta los ahorros y mejoras a estudiar que permitan optimizar el proceso; enfocado hacia la calidad de las unidades blancas.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

DaimlerChrysler C. A., es una empresa que se dedica al ensamblaje y comercialización de una gran variedad de vehículos automotores. El trabajo de investigación será realizado en el departamento de pintura, específicamente en el área de: *cabina de color y retoque*. La sección de la línea de pintura, es un punto crítico en el ensamble de vehículos ya que es donde se le proporciona la apariencia final a la unidad.

Actualmente el departamento de pintura cuenta con un solo fondo de color gris; su base de color blanco es aplicada sobre este fondo, por ende las unidades pintadas con



esta base de color presentan desmejora de la apariencia (altos espesores, escurrido y fallos de color); se desea mejorar la apariencia de dichas unidades, para esto se propone realizar un estudio de aplicación de esta base de color sobre un fondo de color blanco (value shade); analizando el desempeño de la misma, con el fin de proponer alternativas para mejorar el proceso de pintado para este color de pintura.

1.2.1. Situación actual.

DaimlerChrysler C. A en la actualidad aplica su base de color blanco (blanco piedra) sobre un fondo de color gris; este tipo de base es crítica por presentar problemas en cuanto a cubrimiento, debido a que es necesario aplicar un mayor número de capas para cubrir el fondo gris y mantener el color final claro. Sobre todo para los colores claros de los vehículos como: *Caliber, Cherokee y Grand Cherokee.*

Mientras la empresa siga aplicando esta base de color blanco piedra sobre un fondo de tono gris, se ocasiona un bajo rendimiento de la base color y un bajo desempeño de la misma causando altos espesores de pintura y por ende una disminución de la calidad de las unidades de color blanco piedra.

1.2.2. Situación deseada

La empresa requiere disponer de un estudio que desarrolle una propuesta técnico-económica para el mejoramiento de la apariencia final de dichas unidades y al mismo tiempo garantice un buen desempeño de la base de color blanco.

En cuanto al alcance se propone realizar un estudio de cubrimiento de dicha base de color sobre un fondo blanco (value shade) una de las tecnologías más usadas en la industria automotriz que minimiza la espesura del color permitiendo un mejor desempeño de las bases de color.



1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Evaluar la propuesta de aplicación de un fondo blanco, en el área de pintura de DaimlerChrysler C. A., con la finalidad de mejorar la calidad de las unidades de color blanco.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Realizar un estudio en el proceso de pintura, específicamente en *cabina de color y retoque*, con el fin de determinar y conocer las condiciones de operación.
2. Evaluar la calidad de las unidades a las condiciones de operación actual, con el fin de determinar los parámetros más influyentes en la calidad de las unidades de color blanco.
3. Establecer las alternativas bajo condiciones del fondo blanco y definir las posibles variaciones de diseño o parámetros de operación que ayuden a mejorar la apariencia actual de las unidades.
4. Realizar ensayos de la calidad de las unidades con cada una de las alternativas de mejora a fin de evaluar los parámetros bajo los nuevos cambios de operación.
5. Seleccionar la mejor alternativa a fin de concretar el mejoramiento de las unidades de color blanco.
6. Evaluar la alternativa seleccionada por medio de un análisis costo beneficio y estudiar la viabilidad de su implementación.



1.4. JUSTIFICACIÓN

Actualmente DaimlerChrysler C. A. tiene como política de calidad, ser la compañía líder de Venezuela, basada en la mejora continua de sus procesos para la satisfacción total de sus clientes. Es por ello que este trabajo será un gran aporte para la empresa, ya que le permite a la misma disponer de una propuesta técnico-económica para el mejoramiento de una de las partes claves en el proceso de ensamblaje de vehículos, como lo es el mejoramiento de la apariencia final de la unidad utilizada en la cabina de color del departamento de pintura, así como también, permite cubrir las expectativas de los ingenieros encargados en dicha área y de esta forma estar al día con las tecnologías más ventajosas para este tipo de proceso en cuanto a calidad, costos y ahorros.

En cuanto al aporte teórico, con la realización de este trabajo se puede conocer a fondo las técnicas mas utilizadas actualmente para la mejora de la apariencia final en la industria automotriz, lo cual puede servir de apoyo para futuros trabajos de investigación realizados en la universidad sobre este tema.

En el ámbito personal, la realización de este trabajo de investigación permite de alguna forma afianzar los fundamentos teóricos adquiridos en el transcurso de la carrera, así como también alcanzar la experiencia necesaria para enfrentar problemas en el campo laboral de la Ingeniería Química.

1.5. LIMITACIONES

En la presente investigación se pudieran encontrar algunas condiciones y restricciones que pudieran limitar la correcta y satisfactoria realización de la misma. En primer lugar se encuentra la recolección de datos necesarios para conocer las condiciones actuales de los consumos de bases de color blanco por modelo en el área de *cabina de color*; en segundo lugar se presenta la demora que se origina de los trámites legales necesarios para la entrada de un nuevo producto a la planta.



CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

A continuación se mencionan algunos documentos y trabajos anteriores relacionados con este proyecto, los cuales sirvieron de base y apoyo para el logro del mismo. Además, se dan las bases teóricas fundamentales que sustentan la investigación.

2.1 ANTECEDENTES

En este capítulo se habla de los distintos tipos de investigación de que se han realizado; que de alguna manera u otra tienen similitud con el trabajo en desarrollo.

Larios, A. y Rodríguez, M. (2006). **Propuesta técnico-económica para el mejoramiento de la producción de agua desmineralizada en el área de Pintura de DaimlerChrysler de Venezuela C. A.** Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química.

Esta investigación tuvo como propósito crear una propuesta técnico-económica para el mejoramiento de la producción de agua desmineralizada, en el área de Fosfato & E-coat del departamento de Pintura de DaimlerChrysler C. A. de un estudio de la capacidad de los equipos de intercambio iónico para producir DIW. Como base se tomaron los indicadores de gestión de la empresa: Seguridad, Calidad, Costo, Moral, Entrega y Ambiente. Para implantar esta alternativa, a empresa debía disponer de una inversión inicial y de ser aprobados se obtendrían ahorros anuales de \$ 34.859, con una recuperación de inversión de 2 años y 2 meses.

La investigación se asemeja a la actual en el hecho de que en uno de los objetivos de esta investigación se plantea realizar una evaluación económica de la propuesta de implementación de la tecnología de fondos Value Shade, así como también se evalúan los indicadores de gestión: Seguridad, Calidad, Costos, Moral, Entrega y Ambiente de la



empresa DaimlerChrysler C. A. La principal diferencia entre ambas investigaciones está en que la primera tenía como objetivo el mejoramiento de la producción de Agua Desmineralizada; mientras que la problemática planteada está orientada hacia el mejoramiento de la calidad de las unidades pintadas en la línea final del Departamento de Pintura.

Áñez, S. (2005). **Evaluación del proceso de matrices empleadas para la fabricación de correas automotrices tipo Poly – V en Cofbel Corporation.** Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química.

En esta investigación se realizó la evaluación del proceso de elaboración de matrices empleadas para la fabricación de correas automotrices tipo Poly – V; con la finalidad de reducir los defectos en las mismas originados por matrices defectuosas. Para el logro del objetivo macro se realizó un diagnóstico del proceso de elaboración de matrices, identificando las causas que influyen sobre la presencia de defectos en los mismos, para a su vez lograr la generación y selección de alternativas de mejoramiento en dicho proceso. Adicionalmente también se realizó la estimación de los costos y beneficios que acarrea la implementación de sus propuestas, para de esta manera determinar la influencia de ellos sobre el proceso de fabricación de correas Poly – V a través de la determinación del tiempo de vida útil de las correas. El principal logro de esta investigación fue la implementación de mejoras en el proceso de elaboración de matrices, lo que permitió la reducción de correas Poly – V defectuosas a correas de un promedio de 85 a 24 unidades defectuosas.

La investigación se asemeja a la actual en el hecho de que ambas utilizan una metodología de investigación de tipo evaluativo y por el hecho de que también se incluyen en ambos objetivos específicos tendentes a determinar la relación costo-beneficio de una alternativa de solución al problema de calidad generado. La principal diferencia radica precisamente en la orientación de las empresas en donde se realiza la investigación, ya que en esta referencia se realizó en una empresa que elabora correas automotrices (Cofbel Corporation) mientras que en el proyecto a desarrollar se realizará



en una empresa ensambladora de vehículos (DaimlerChrysler C. A.) y cuya propuesta se refiere al área de pinturas.

Silva, M. (2004). **Evaluación del túnel de pretratamiento metálico del Departamento de DaimlerChrysler de Venezuela.** Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química.

En el presente trabajo se realizó la evaluación del proceso usado en DaimlerChrysler de Venezuela para la aplicación del pretratamiento metálico. Para el logro de los objetivos se utilizó una herramienta metodológica de tipo evaluativo. Este estudio se basó en los estándares de la corporación de DaimlerChrysler para lograr obtener una clara definición de la desviación entre la situación actual y la deseada. Al implementar todas estas estrategias en el control de concentración de surfactantes y alcalinidad, se obtuvo un ahorro de 7.057.196 Bs. mensuales; incrementando la calidad del pretratamiento metálico.

Esta referencia tiene como similitud con la investigación a desarrollar en primer lugar por que ambas utilizan el mismo tipo de investigación evaluativo y en segundo término porque también se desarrolla en el Departamento de pintura de DaimlerChrysler, tomando en consideración los mismos estándares de calidad de la corporación. La principal diferencia se refiere a las áreas en las cuales se va a trabajar, puesto que en esta investigación se trabajó en el área del túnel de fosfato y la investigación a desarrollar se realizará en el área de cabina de color y retoque.

Bencomo, H. y Bolívar, G. (2004). **Mejoramiento del proceso de pintado en la empresa General Motors Venezolana – Carabobo.** Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química.

En esta investigación se propuso mejorar el proceso de pintado de la empresa ensambladora General Motor's Venezolana para reducir el número de unidades rechazadas por defectos en el acabado final, aumentando así la calidad de sus



productos; se empleo la tecnología de aplicación por pistolas electrostáticas generando un 6% de aumento en el número de unidades rechazadas por sucio fuerte con respecto a la utilización del sistema convencional; se recomendó un control periódico de la aditivación de las pinturas las cuales deben recibir un tratamiento diferente cuando se estén utilizando pistolas electrostáticas. Por último para disminuir el sucio originado por aplicación, se implementó el control de temperatura y humedad relativa del aire circulante en la cabina reduciéndose el sucio fuerte en un 40%.

El trabajo descrito posee similitud con el actual en que ambos se realizan en los departamentos de pintura de ensambladoras automotrices, utilizando herramientas metodológicas como el diagrama de ishikawa y diagrama de pareto aplicando nuevas tecnologías con el fin de mejorar la apariencia y la calidad de las unidades. La principal diferencia entre ambas investigaciones se encuentra en que la primera posee el objetivo de mejorar la calidad de las unidades por medio de la disminución del porcentaje de sucio fuerte implementando la tecnología de aplicación por pistolas electrostáticas; mientras que en la actual se mejorará la calidad de las unidades mejorando el color de la base por medio de la propuesta de aplicación de un fondo blanco "Value Shade".

Morillo, M. y De la Fuente, D. (2002). **Pinturas ecológicas para la Industria Automotriz**; Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas (CENIM). Madrid. España.

En el siguiente trabajo se mejoraron las propiedades de las superficies de acero protegidas con recubrimientos por electrodeposición, mediante la aplicación de una capa orgánica fina que actúa como lubricante permanente evitando la acumulación de aguas residuales en los lugares no solapados tras la etapa de lavado, nivelando y mejorando la superficie para la aplicación de las capas provenientes de fondo y base de color. Se logró un aumento del 37% de mejora en distinción de imagen y una disminución del 26% para la piel de naranja. La citada referencia tiene como similitud con la investigación a desarrollar en primer lugar por que ambas están dirigidas hacia la mejora de la apariencia de la unidad nivelando la superficie para las capas provenientes



de pintura, en segundo lugar por que ambas tecnologías mejoran los parámetros de calidad como lo son específicamente la distinción de imagen y la piel de naranja. La principal diferencia entre ambos estudios es que en el citado la tecnología es aplicada antes de la capa de fondo, mientras que en la investigación a desarrollar la tecnología a aplicar es el cambio de color del fondo.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 PINTURA AUTOMOTRIZ.

Es un líquido compuesto por una mezcla de resinas, solventes, aditivos y pigmentos; que luego de ser aplicado sobre una superficie, al evaporarse sus solventes, se seca y endurece, formando una película fina y sólida. La película de pintura aporta dos funciones fundamentales: protección y decoración.

La primera, como su nombre lo indica, es proteger la carrocería del vehículo, del proceso de oxidación y de la acción de factores ambientales, tales como corrosión, humedad, calor, rayos solares, entre otros. La segunda función tiene como objetivo el embellecimiento de la carrocería del vehículo. **Dupont; (2008): Disponible en: <http://www.dupont.com>.**

2.2.1.1.- Componentes típicos de la pintura automotriz.

I.- Vehículo.

A.- No-volátiles.

- | | | |
|----------------------------|---|---------------------------|
| A.1.- Solvente base | { | a.- Aceites |
| | | b.- Resinas |
| | | c.- Secantes |
| | | d.- Aditivos |
| A.2.- Lacas | { | a.- Celulosas |
| | | b.- Resinas |
| | | c.- Plastificantes |



A.3.- De base agua

- d.- Aditivos**
 - a.- Estiren-butadieno**
 - b.- Polivinil acetato**
 - c.- Acrílicos**
 - d.- Otros polímeros y emulsiones**
 - e.- Copolímeros**
 - f.- Aditivos**

B.- Solventes volátiles.

- B.1.-** Solventes alifáticos y en algunos casos aromáticos de venta comercial.
- B.2.-** Solventes industriales y químicos incluidos algunos aromáticos.
- B.3.-** Lacas solventes como cetonas, ésteres y acetatos.

II.- Pigmentos.

- A.-** Opacos
- B.-** Transparente.
- C.-** Tipos de uso especial.

2.2.2 SISTEMA DE PINTADO AUTOMOTRIZ.

El sistema de acabado original en una ensambladora está compuesto actualmente de cuatro capas: e-coat, fondo, base color y transparente, tal como se observa en la Figura 2.1. A continuación se describen brevemente cada una de las capas.

2.2.2.1 Sustrato.

Se refiere a la superficie de la unidad, puede ser de aluminio o acero galvanizado cuando se trata de superficies de metal.

2.2.2.2 Cristales de Fosfatos.

Recubren al metal con la técnica del fosfatizado; es un proceso mediante el cual ocurre una reacción química entre la pieza metálica y un medio químico a base de ácido



fosfórico, dando formación del cristal en la superficie y ofrecer una barrera química contra la corrosión y como beneficio secundario aumentar la adherencia de la pintura. En el proceso ocurren varias reacciones siendo las más importantes las siguientes:

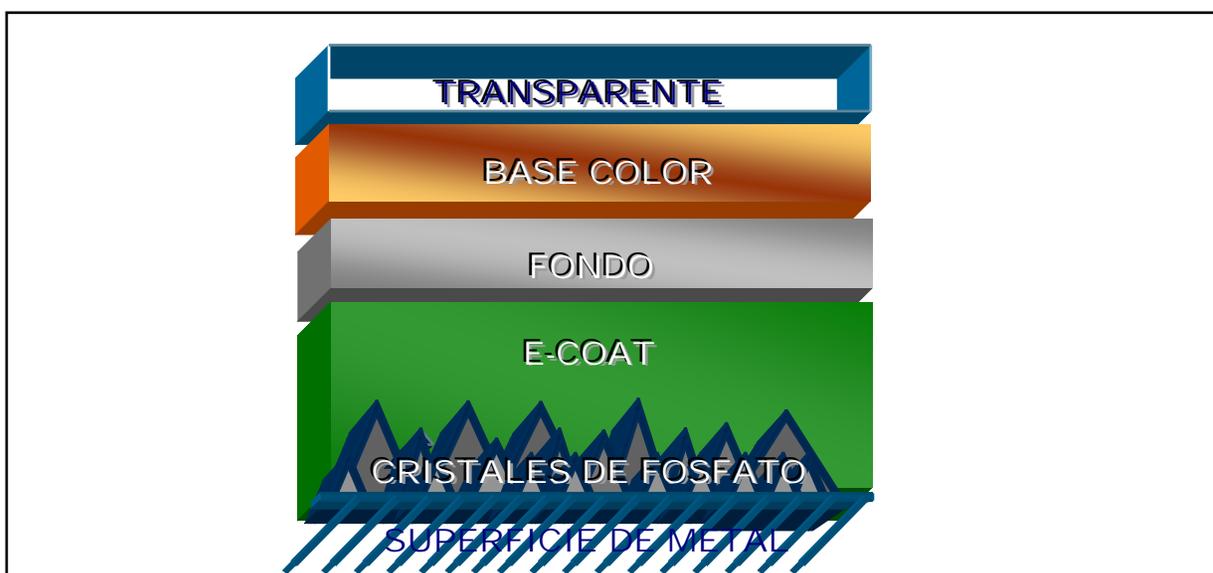


Figura 2.1. Representación del sistema completo de la pintura automotriz.

Fuente: DuPont de Venezuela C.A (2000)

2.2.2.3 Tratamiento anticorrosivo por electrodeposición (E-coat).

El concepto básico de electrodeposición es la atracción entre partículas con cargas contrarias (por ejemplo, positivo con negativo y viceversa). La primera adaptación de tener partículas cargadas en un medio acuoso fue el proceso de electroplatinizado, en donde la corriente eléctrica se utiliza para inducir elementos metálicos tales como níquel, cromo etc. Los cuales se mueven en medio acuoso hacia la superficie con carga eléctrica contraria, donde estos se depositan formando una capa uniforme. Existen dos tipos de sistemas de electrodeposición:



- Anódico: En donde los grupos funcionales tienen una carga eléctrica negativa los cuales serán atraídos hacia una superficie con carga positiva.
- Cationico: En donde los grupos funcionales tienen una carga eléctrica positiva los cuales serán atraídos hacia una superficie con carga negativa.

Los fondos con electrodeposición son una combinación de resina, pasta de pigmento y aditivos en un medio a base de agua cuya función principal es la inhibición y protección de la corrosión de la superficie; es un proceso automático, controlable, eficiente y seguro ambientalmente.

2.2.2.4 Fondo.

Se aplica después del e-coat. Contiene la composición básica de las pinturas y generalmente tienen tonalidades de color blanco, gris, o de diferentes colores (azul, verde, rojo, entre otros). Esta tecnología corresponde a un sistema de alto sólido (50 por ciento mínimo) cuyas funciones principales son las siguientes:

- Brindar protección al e-coat del ataque de rayos ultravioletas evitando el desprendimiento de la película.
- Promotor de adherencia de la capa color.
- Contribuir al cubrimiento de rayas de lija, proteger las zonas devastadas hasta el metal por corrección de defectos de carrocería, permitir un buen nivelado del acabado final.
- Permitir visualizar los defectos de carrocería de las unidades; esto se logra con el buen brillo que estos fondos presentan (60 mínimo en ángulo de 60 grados).
- Facilitar el pintado de la unidad por su diseño de combinación con la capa color.

2.2.2.5 Base Color.

Es la capa de pintura que aporta color, cubrimiento y belleza al sistema. Dicha capa se aplica sobre el fondo; contiene la composición básica de las pinturas y se diferencia del fondo por su porcentaje de sólidos, la tecnología de los pigmentos y su resina.



2.2.2.6 Transparente.

Es la capa más externa que tiene como objetivo aportar brillo, distinción de imagen, nivelado y profundidad al color. Posee la composición básica de las pinturas pero a diferencia del fondo y de la base color, no posee pigmento. Este proporciona una protección ultravioleta necesaria, debido a la constante exposición al sol de la película de pintura. **Dupont; (2008): Disponible en: <http://www.dupont.com>.**

2.2.3 DESEMPEÑO DE LA PINTURA AUTOMOTRIZ.

El desempeño de la pintura, se refiere a las propiedades que debe cumplir la misma para garantizar su calidad, para ello se le realizan pruebas cuando se encuentra en estado líquido y en su estado final (película de pintura sólida). A continuación se describen de manera general las más importantes.

2.2.3.1 Propiedades de la película.

2.2.3.1.1 Químicas.

- ❖ **Resistencia química:** Se refiere a la capacidad que posee la pintura de mantener sus características frente a sustancias químicas tales como la gasolina, las ceras de pulimento, etc. También se refiere a la estabilidad de los pigmentos, ya que estos reaccionan con ácidos, álcalis, agentes oxidantes y pueden ocasionar cambios de color o deterioro en la película.

- ❖ **Resistencia a microorganismos:** Los microorganismos que comúnmente se encuentran en la superficie de las capas de pintura son: bacterias, algas, hongos y moho. Su presencia es dañina porque afectan la apariencia y pueden contribuir a la degradación química de la película. La presencia de ellos puede prevenirse incluyendo en la formulación ingredientes específicos que los combatan y que sean compatibles con el resto de los materiales que integran el producto.



- ❖ **Resistencia a la corrosión:** Esta es una de las propiedades de la pintura de más fácil manejo, ya que su logro requiere de condiciones especiales en la formulación. En general, la corrosión es un proceso electroquímico, este puede ser evitado mediante el uso de vehículos impermeables y pigmentos especiales. **Dupont; (2008): Disponible en: <http://www.dupont.com>.**

2.2.3.1.2 Mecánicas.

- ❖ **Dureza:** Es la capacidad de la película seca que proporciona resistencia a la penetración, al dobléz y al rompimiento.
- ❖ **Flexibilidad:** Es la capacidad de una pintura para ajustarse a las deformaciones de la superficie, sin cuartearse.
- ❖ **Adhesión:** Propiedad de la pintura de permanecer unida a la superficie. La adherencia es el resultado de fuerzas mecánicas y electroquímicas. Está directamente relacionada al enlace físico o químico de una película a otra, o de la película al sustrato. A la película se les hacen cortes perpendiculares unos a otros y a esta área se le coloca una cinta adhesiva, la cual se desprende rápidamente. Se evalúa la adhesión en función del material que queda sin desprender.
- ❖ **Resistencia al impacto:** Consiste en la deformación de la superficie por el trabajo de golpeo por un punzón percusor de dimensiones y pesos definidos, regulable a distintas alturas de caída. En este caso la deformación puede efectuarse en el sentido de abollamiento hacia adentro y hacia fuera. El pintado se examina seguidamente con vistas a la formación de grietas o desconchados.



- ❖ **Resistencia al chipping (gravelómetro):** Piedras de camino (grava) son lanzadas mediante una ráfaga de aire controlado sobre el panel en prueba, simulando golpes producidos por las piedras o cualquier otro objeto volador provenientes de un vehículo o del ambiente. El efecto del desprendimiento de pintura resultante es evaluado por comparación con patrones.
- ❖ **Durabilidad exterior:** Es la resistencia de la película de pintura a la degradación por la luz del sol, lluvia, vientos, etc. **Dupont; (2008): Disponible en: <http://www.dupont.com>.**

2.2.3.1.3 Apariencia.

- ❖ **Distinción de imagen (DOI):** Es la medición de cuanto una pintura simula a un espejo sin distorsión de la imagen, es decir, mide la claridad de imagen reflejada. La medida del DOI es afectada por muchas características de película de pintura, como el nivelado de la superficie y el grosor de la película.
- ❖ **Brillo:** El brillo es medido a partir del porcentaje de luz reflejada por una superficie cuando esta incide en distintos ángulos. Esta propiedad describe el grado de lustre que le imparte la película de pintura a la superficie donde se aplico. La película final se mide en ángulo de 20 grados; cuanto mayor es el valor leído mayor es el brillo.
- ❖ **Cáscara de naranja:** Consiste en un nivelado inapropiado del acabado con tendencia a ondulaciones continuas que conducen a una apariencia rugosa. El equipo que permite la medición de apariencia se denomina AUTOSPECT y combina valores de brillo, distinción de imagen y cáscara de naranja llamado comúnmente “COMBO”.



- ❖ **Espesor de película:** Indica el grosor de material que esta sobre la superficie metálica, se mide con un medidor de espesor y se expresa en unidades de mils (milésimas de pulgadas).

- ❖ **Color:** Es un aspecto de la apariencia; un estímulo basado en la respuesta visual a la luz por emisión, transmisión o reflexión de determinadas longitudes de ondas sobre un objeto. Para percibir el color deben estar presentes tres elementos básicos: luz, objeto y receptor.
 - **Luz:** La luz blanca esta hecha de varias bandas coloreadas de energía lumínica llamadas radiaciones electromagnéticas. Estas radiaciones varían en longitud y es la única radiación que excita al ojo, permitiendo la visión del color. Ejemplo de esta luz son: la luz del sol, de una bombilla incandescente o lámpara fluorescente.

 - **Objeto:** El objeto altera la luz absorbiendo y dispersando varias bandas de luz dentro del espectro de luz emitida. En forma general nos referimos a la reflectancia de un objeto que es una relación inversamente proporcional entre la luz que sale del objeto contra la luz que estaba golpeando el objeto. Existen factores pueden afectar la apariencia del color de un objeto: el brillo, la textura de la superficie, la forma; ya que estos alteran la cantidad de luz emitida que eventualmente alcanza al receptor.

 - **Receptor:** Es capaz de detectar la energía de luz que ha sido reflejada de un objeto y tomar una decisión acerca de lo que fue recibido. Una persona que ve el color esta usando la combinación del ojo y el cerebro como receptor. En el caso de instrumentos que miden el color, como colorímetros o espectrofotómetros se usan dispositivos que detectan la energía de la luz reflejada.



- ❖ **Tono:** Es la cualidad por la cual se distingue un tipo de color de otro. La ciencia atribuye esta cualidad a la diferencia de las longitudes de ondas que inciden en la retina y que causan la sensación de color en el cerebro. El tono, uno de los factores que intervienen en la definición del color, tiene una representación especial conocida como la rueda del color. En ella se encuentran representados los tres colores primarios amarillo, azul y rojo y las combinaciones entre ellos, conocidos como colores secundarios; de la combinación de estos últimos obtenemos seis colores complementarios. Así se completa la rueda con doce colores básicos tal como se muestra en la Figura 2.2.

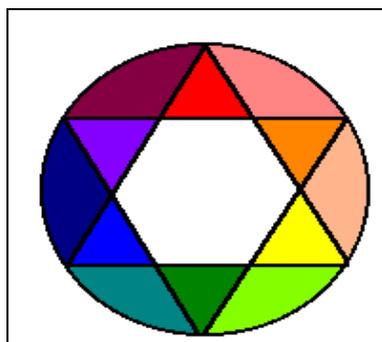


Figura 2.2. La rueda del color. Los doce colores básicos.

Fuente: DuPont de Venezuela C.A (2000).

- ❖ **Cromática:** Puede considerarse como la propiedad que mide la pureza del color, es decir, el grado de saturación que tiene el color. Va desde el color puro hasta el gris. En el proceso de fabricación de pintura se utiliza el sistema para la medición del color L^* , a^* , b^* , propuesto por el CIE (Comisión Internationale de Eclairage) Comisión Internacional de la Luz. En este sistema se toman como colores primarios: el amarillo, el azul, el rojo y el verde. Con ellos se conforma un sistema de coordenadas conocido como el espacio del color. Los cuatro colores se encuentran opuestos dos a dos formando ejes coordinados entre si; donde cada eje va del color: rojo-a-verde (eje a^*); azul-a-amarillo (eje b^*) y ligero (de luz)-a-oscura (eje L^*); Aquí se representa la cromática y la luminosidad, medida en una escala de 0 a 100 unidades; tal como se muestra en la Figura 2.3.

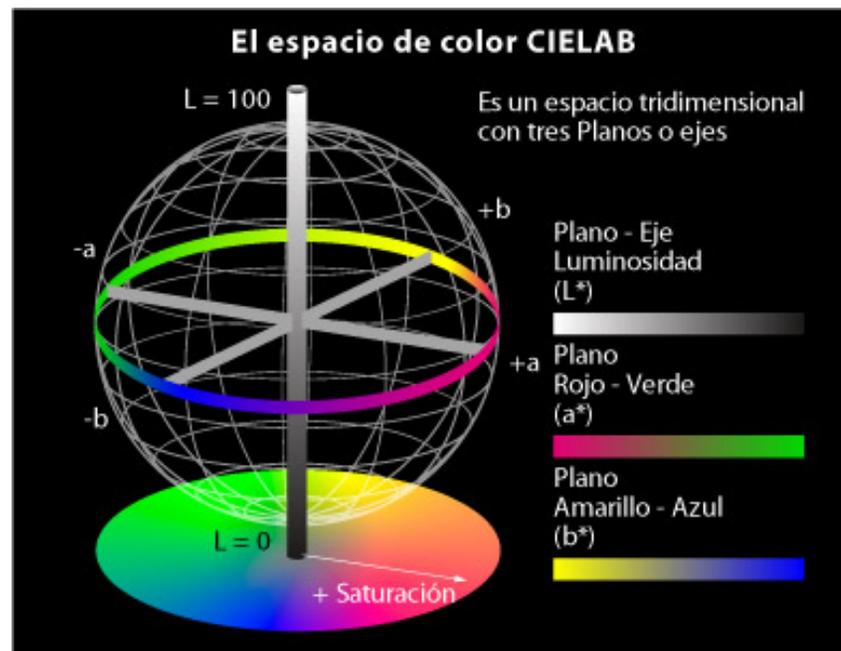


Figura 2.3. Sistema de coordenadas de color CIE.

Cie; (2008): Disponible en: <http://www.cie.com>.

- ❖ **Cubrimiento:** Es la habilidad que tiene una película de oscurecer y/o ocultar el sustrato donde se encuentra aplicado. Generalmente se requieren varias capas (“manos”) de pintura para lograr ocultar totalmente el sustrato.
- ❖ **Resistencia al escurrido:** Es la capacidad de la pintura de oponerse al flujo no uniforme durante el horneado y la evaporación de solventes. Los parámetros de aplicación que afectan el escurrido incluyen la distancia de la pistola, la velocidad de línea, el atomizado del aire, el flujo de fluido, el aire ambiental y la humedad relativa de la cabina. Dupont; (2008): Disponible en: <http://www.dupont.com>.

2.2.3.1.4 Propiedades de la pintura líquida.

- ❖ **Viscosidad:** Es la determinación del tiempo requerido para que cierta cantidad de pintura, a una temperatura específica, fluya a través del orificio de una copa de acero con dimensiones y diámetro de orificio conocidos.



- **De almacenamiento (empaquetado):** Es aquella que tiene la pintura cuando es envasada para fines de su distribución a los clientes, los cuales se encargan de diluir el producto a la viscosidad que deseen.
- **De aplicación:** Es menor que la de almacenamiento, y se puede decir que se define como la viscosidad que tiene la pintura cuando se va a aplicar sobre una superficie.

La viscosidad de aplicación depende de un gran número de factores, pero particularmente del peso molecular de la resina, su concentración y la flexibilidad de su estructura. También influyen en ella, los solventes, la temperatura y la pigmentación. Los viscosímetros usados para medir pinturas automotrices han sido tradicionalmente, los de copa Ford o Zahn. Estas copas son populares por su fácil uso, aunque no son muy precisas ya que los ajustes de temperatura del fluido son efectuados fuera del equipo.

- ❖ **Densidad:** Es la relación existente entre la masa y el volumen de un líquido, en el caso de las pinturas se determina el peso por galón, que consiste en la pesada directa de un volumen conocido de producto a una temperatura dada.
- ❖ **Resistividad:** Es la resistencia eléctrica de un cuerpo en medidas de unidad de longitud y de unidad de área o peso. Es el recíproco de la conductividad.
- ❖ **Porcentaje de sólidos:** Es la determinación porcentual, de la pérdida de material volátil de una cantidad de muestra, cuando ésta es sometida a condiciones definidas de tiempo y temperatura. **Dupont; (2008): Disponible en: <http://www.dupont.com>.**

2.2.4 SISTEMA VALUE SHADE.

Sistema de camada de fondo que minimiza la espesura del color de la sobrecamada necesaria para obtener una combinación de colores. El sistema consiste



en siete diferentes tonos de gris o siete diferentes niveles de luminosidad, variando del blanco al gris oscuro tal como se observa en la Figura 2.4. Para cada base color siempre existirán dos colores de fondo Value Shade compatibles con el tono del color de la base, es decir cada base podrá ser aplicada sobre dos colores de fondo, donde presentara mayor compatibilidad con uno mas que con otro.

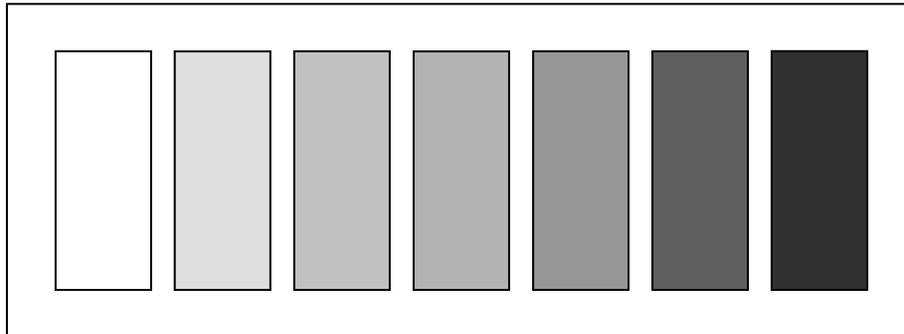


Figura 2.4. Sistema de colores de Fondos Value Shade.

Dupont; (2008): Procedimiento Dupont.

2.2.5 DEFECTOS QUE PUEDEN PRESENTARSE EN LA PELÍCULA DE PINTURA.

Las condiciones de aplicación como: temperatura y humedad relativa de la cabina, viscosidad de la pintura, presión de atomización, flujo, distancia de aplicación, condiciones de limpieza de la cabina, de los instrumentos y de los equipos de higiene y seguridad de los operarios, entre otros; tienen una considerable influencia sobre la pintura durante la aplicación y sobre la película seca del producto. Por esta y otras razones como problemas o fallas durante el proceso del sistema de pintado automotriz se pueden presentar ciertos defectos en el producto antes o después de ser aplicado.

- ❖ **Veteado o Moteo:** Son manchas oscuras no uniformes se presentan como sombras en los colores claros (metalizados), se observa una distribución irregular del aluminio en la superficie pintada.



Causas:

- Aplicación demasiado húmeda del producto; bien sea por distancia de la pistola, altos flujos o baja presión en el suministro de aire.
- Tiempos de oreo muy cortos o espesores bajos de base color, motivado a incremento en la velocidad de la línea o modelo del vehículo a pintar.
- Tiempo de evaporación muy lento durante la aplicación del producto.

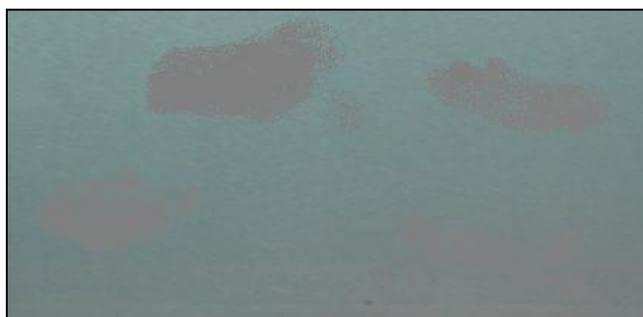


Figura 2.5. Película de pintura vetada o con moteo.

Fuente: DuPont de Venezuela C.A (2000)

- ❖ **Adherencia entre capas:** La película se desprende del sustrato anterior. Se puede ver desprendimiento entre capas del transparente, entre el transparente y la base y en casos más severos, entre el sistema bicapa, el fondo y el metal. Este defecto se visualiza en áreas retocadas y en acabados originales sin retoque.

Causas:

- Contaminación de aceite (provenientes de máquinas de lijado), residuos de lija, agua.
- Cristalización de la película de pintura por tiempo de horneado excesivo o altas temperaturas de horneado.



- Espesor muy bajo de pintura.

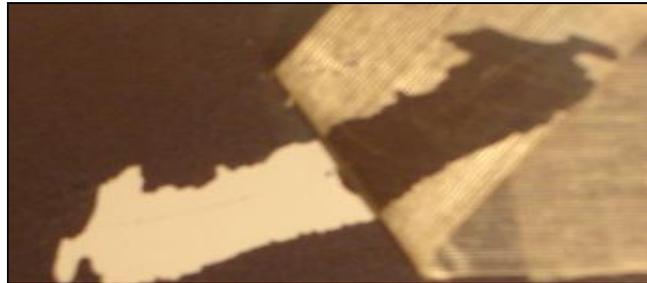


Figura 2.6. Falta de adherencia entre capas.

Fuente: DuPont de Venezuela C.A (2000)

- ❖ **Ampollamiento:** Este defecto generalmente ocurre al cabo de 72 h luego de procesada la unidad, consiste en la formación de ampollas en un área determinada acompañada de puntos de óxidos permitiendo que la película se desprenda con suma facilidad.

Causas:

- Goteo de sales y contaminantes, de las cadenas aéreas transportadoras de las unidades en el proceso de e-coat.
- Manipulación de la unidad sin los guantes respectivos.
- Puntos de óxidos sobre la superficie.



Figura 2.7. Pintura ampollada.

Fuente: DuPont de Venezuela C.A (2000)



- ❖ **Cáscara de naranja:** Consiste en un nivelado inapropiado del acabado con tendencia a ondulaciones continuas, la película posee una apariencia semirugosa similar a la textura de una concha de naranja.

Causas:

- Espesores de película por debajo de lo especificado.
- Irregularidad del sustrato.
- Viscosidad de aplicación muy por encima de lo especificado.
- Tiempo de secado al tacto muy rápido.



Figura 2.8. Película cascarosa.

Fuente: DuPont de Venezuela C.A (2000)

- ❖ **Cráteres:** Consiste en una ondulación discontinua redondeada sobre la superficie pintada, esto generalmente es ocasionado por algún tipo de contaminación que rompe la tensión superficial, se puede presentar en zonas horizontales o verticales de las unidades.

Causas:

- Aire comprimido contaminado con partículas de sucio, aceite o agua.
- Paños o solventes de limpieza contaminados.
- Residuos de materiales filtrantes, pintura seca en el sistema, hollín del horno, etc.



Figura 2.9. Película con ondulaciones.

Fuente: DuPont de Venezuela C.A (2000)

- ❖ **Ecurrido:** Este defecto se presenta en zonas verticales, filos o zonas de difícil acceso como las partes internas de las unidades; consiste en irregularidades de la película en forma de empalmes o lágrimas debido a la acción de la gravedad. Se presenta en los fondos, bases de color y transparente.

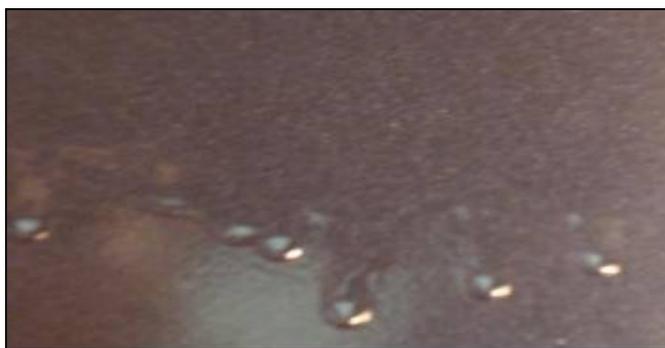


Figura 2.10. Ecurrido de base.

Fuente: DuPont de Venezuela C.A (2000)

Causas:

- Alto espesor de película por incrementos en el flujo de aplicación o distancia muy corta entre la pistola y la superficie a pintar.
- Viscosidad de aplicación muy baja con exceso de solvente retardador, generando un tiempo de evaporación muy lento.



- Presión de aire de la pistola de aplicación muy por debajo de lo especificado (inferior a 50 Psi).
 - Baja temperatura de la cabina y del producto (climas fríos).
- ❖ **Falta de curado:** Es la obtención de una película de pintura la cual se deja marcar, rayar o penetrar fácilmente originando una pobre resistencia a solventes y creando grumos al ser lijados.

Causas:

- Temperatura o tiempo de residencia de la unidad en el horno inferior a lo especificado.
- Desbalance en el horno o climas fríos.
- Altos espesores de película.



Figura 2.11. Falta de curado.

Fuente: DuPont de Venezuela C.A

- ❖ **Falta de brillo:** Consiste en una pobre reflexión de la luz (brillo) generalmente acompañado por una pobre claridad de la imagen iluminada (D.O.I).



Causas:

- Aplicación distante de la superficie generando abundante spray y partículas secas.
- Bajos espesores de transparente o exceso de solventes lentos en la base de color.
- Naturaleza del sustrato o del producto (los colores claros tienden a presentar menor brillo pero cumplen con lo especificado).
- Desbalance de la cabina de aplicación.



Figura 2.12. Película de pintura carente de brillo.

Fuente: DuPont de Venezuela C.A (2000)

- ❖ **Falta de color:** Este defecto aparece generalmente en los filos y partes internas de las unidades y ocurre cuando se observa el color de manera irregular permitiéndose apreciar el fondo.

Causas:

- Aumento de la velocidad de la cadena transportadora.
- Bajo espesor de base color, por aplicación distante, flujos bajos, viscosidades bajas.
- Cubrimiento deficiente de la base de color.
- Fondo de color inadecuado.



Figura 2.13. Película de pintura con fallo color.

Fuente: DuPont de Venezuela C.A (2000)

- ❖ **Fuera de tono:** Consiste en la diferencia de tonalidad del color en áreas reparadas. La reparación del panel no corresponde al tono original de la unidad pintada; esto puede ocurrir en reparaciones que involucran rehorneo o retoques puntuales en la unidad.



Figura 2.14. Película de pintura fuera de tono.

Fuente: DuPont de Venezuela C.A (2000)

Causas:

- Bajo poder de cubrimiento de la pintura.
- Mala recirculación de la pintura en el sistema.
- Aplicación muy seca o húmeda de la base color.
- Agitación deficiente del tambor de recarga al sistema.
- Espesor de película inferior a lo especificado.



- Contaminación de otro color en la manguera de suministro a la pistola.

- ❖ **Solvente atrapado:** Consiste en pequeñas ampollas o montículos en la película de la pintura, las cuales tienen pequeños orificios en el centro; estas suelen aparecer en zonas donde el espesor tiende a ser mayor, bordes o filos de puertas, centro de capot y techo; esto ocurre debido a la existencia de solventes debajo de la superficie ya formada, que por efecto de la temperatura logra salir rompiendo la película de pintura.

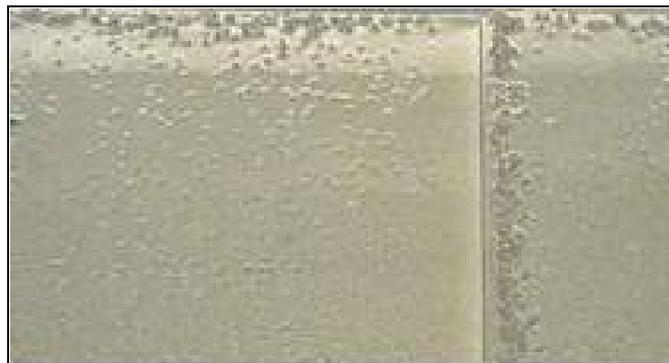


Figura 2.15. Película de pintura con solvente atrapado.

Fuente: DuPont de Venezuela C.A (2000)

Causas:

- Espesor de película, flujos y viscosidades de aplicación elevados.
 - Temperatura muy alta en la primera parte del horno.
 - Secado muy rápido del producto.
 - Incremento de la velocidad de la línea o disminución del tiempo de oreo al empujar la unidad hacia el horno.
-
- ❖ **Moteaduras:** Son las observadas sobre el acabado final en forma de pequeñas gotas abultadas.



Causas:

- Deformidad de la aguja de la pistola de aplicación, la cual obstruye el orificio de salida.
- Empacaduras de las pistolas de aplicación dañadas.

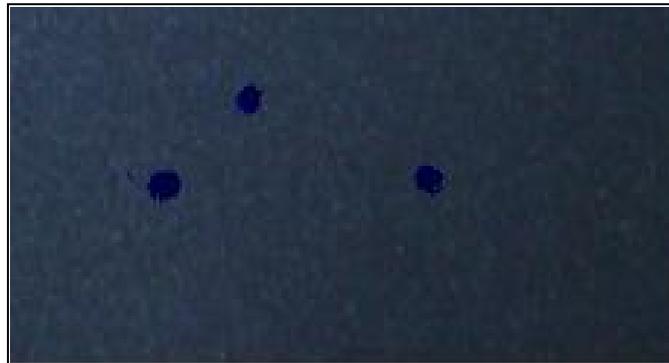


Figura 2.16. Película de pintura con moteaduras.

Fuente: DuPont de Venezuela C.A (2000)

- ❖ **Semilla y Grumos:** Este defecto consiste en pequeños gránulos o partículas de tamaño elevado uniforme, que se forman generalmente en la base color, en zonas como los estribos o entrepuertas de la unidad; denominándose semilla cuando ocurre en poca cantidad y grumos cuando es severo.

Causas:

- Bajo espesor de película de transparente, ocasionado por un flujo de aplicación bajo o una viscosidad por debajo de lo especificado.
- Filtros del sistema obstruidos, bien sea del producto o del suministro de aire.
- Tiempos muy rápidos de evaporación del producto, ocasionados por altas temperaturas en el ambiente o del producto.
- Desbalance de la cabina de aplicación.

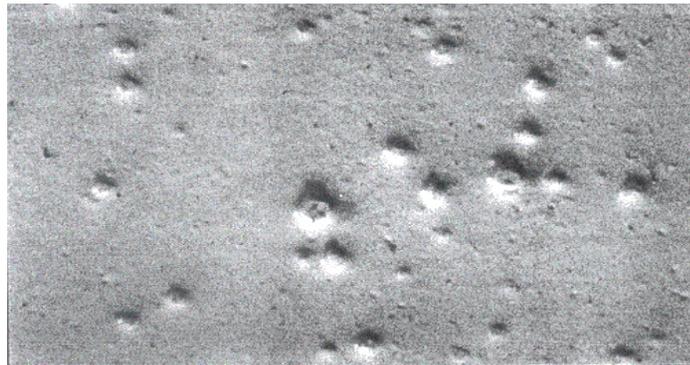


Figura 2.17. Presencia de grumos y semillas en la película de pintura.

Fuente: DuPont de Venezuela C.A (2000)

- ❖ **Mapeo:** Es un efecto que se presenta en zonas verticales como horizontales, en zonas muy visibles y sin evidencia de espesores por encima de la especificación; se observan una serie de "olas" acompañadas de cáscaras de naranja.



Figura 2.18. Película de pintura con mapeo.

Fuente: DuPont de Venezuela C.A (2000)

2.2.6 PARAMETROS PRINCIPALES EN EL SISTEMA BI-CAPA.

Los parámetros principales que afectan la durabilidad del sistema bi-capa son el espesor de película y el curado, también es afectado considerablemente por una variedad de parámetros de aplicación. A continuación se presentan las descripciones de los parámetros del proceso y como afectan las diferentes variables de respuestas.



- ❖ **Distancia de la pistola:** Se refiere a la distancia de la pistola de rocío y el objetivo. La medida estándar es de la punta de la pistola a la superficie del objeto. La distancia afecta cuanta pintura es depositada sobre la superficie y como es aplicada. Una mayor distancia puede mejorar atributos de aspecto como el color, el moteo y la resistencia a escurrirse, pero puede afectar desfavorablemente la piel de naranja y la eficiencia de la transferencia.
Cuando la distancia se hace demasiado grande, la uniformidad de abanico de rociado no puede ser mantenida. El aspecto puede sufrir y obtenerse un rocío seco, manchado y desperfectos en el color.

- ❖ **Aire de atomización:** Es el aire que rompe la pintura en partículas finas y las transporta a la superficie objeto. La presión atmosférica requerida varía con el tipo de pintura, la viscosidad de la pintura y el equipo de aplicación. Una mayor cantidad de aire atomizado mejora la resistencia al escurrido y la resistencia al impacto, pero puede causar mayor piel de naranja.

- ❖ **Modelo del rocío (palma):** La forma del abanico de aire dirige la pintura hacia a superficie y afecta la cantidad de pintura que alcanza la misma. La presión usada depende del equipo específico. El abanico del aire de una pistola electrostática determina la uniformidad y el grosor de la capa y de cómo la pintura cae sobre la superficie. También afecta considerablemente el veteado, la eficiencia de transferencia y la piel de naranja.

- ❖ **Flujo del fluido:** Es el rango en el cual la pintura llega a la pistola. El flujo del fluido es afectado por la viscosidad y es un factor determinante en la cantidad de pintura aplicada a la superficie. La cantidad y la distribución de la pintura afectan el color, el moteo y la suavidad de la superficie. La suavidad a su vez influye en el DOI y la piel de naranja. La eficiencia de transferencia también es influenciada por el nivel de flujo de fluido. Un flujo demasiado bajo en relación con el aire automatizado puede disminuir la eficiencia de la transferencia. De la misma



manera, un elevado flujo de fluido afecta desfavorablemente la eficiencia de la transferencia.

- ❖ **Voltaje:** Es un parámetro que se aplica expresamente al uso de pintura electrostática. Una condición de voltaje muy bajo puede pasar cuando la carga eléctrica se disipa por las líneas que transportan a la pintura, o la humedad acumulada sobre un equipo de aplicación. Una cantidad excesiva de corriente eléctrica puede cerrar la fuente de energía completamente.

- ❖ **Resistividad:** Se refiere a la resistencia eléctrica del fluido al flujo corriente. Es dependiente de la formulación de la pintura y los tipos de solventes usados. La resistividad de la pintura o solventes de purga requieren de la supervisión para trabajar en un grado óptimo recomendado por el proveedor.

- ❖ **Espesor de capas:** En un proceso bi-capas, la proporción de capas es determinada por la cantidad total de película de pintura depositada. Esta proporción de capas afecta el color, el cubrimiento, el DOI y la piel de naranja. La variación para la proporción de capas es de baja influencia para la pintura, pero es más dependiente del proceso de aplicación.

- ❖ **Espesor de película:** Es la cantidad de pintura depositada sobre la superficie objetivo. La medida de la formación de película es determinada por una variedad de métodos, asegurándose de que :
 - El equipo este calibrado y en buenas condiciones.
 - El personal que maneja el equipo deberá estar entrenado.
 - Las medidas del espesor de película sean obtenidas en la misma etapa del proceso de pintura para asegurar la consistencia.

- ❖ **Tiempo de oreo** (Base-Base, Base-Transparente, Transparente -Transparente, antes del horno): Es el intervalo entre el uso de dos capas de pintura, que permite la evaporación de los solventes. El tiempo de oreo puede variar sobre las



diferentes partes del vehículo, pero la variación debería ser reducida al mínimo. Una base deberá tener un nivel de sequedad mínimo o el DOI será desfavorablemente afectado, también se afecta el moteo si la pintura no es capaz de secar en la cantidad de tiempo dada.

- ❖ **Temperatura del aire:** Se refiere a la temperatura dentro de la cabina de aplicación. Esta temperatura debería ser mantenida constante en todas partes de la cabina de aplicación. Si la cabina es manejada a muy altas o muy bajas temperaturas, la evaporación de los solventes se afecta, y posteriormente puede causar la absorción del transparente por la base. La temperatura también afecta la humedad relativa y por consiguiente afecta la cantidad de suciedad en la película de pintura.

- ❖ **Humedad relativa:** Es la cantidad total de agua en el aire de la cabina como un porcentaje de capacidad en una temperatura específica. La humedad relativa es un parámetro importante por su efecto sobre el color, el moteo, el DOI y la resistencia al escurrido.

- ❖ **Velocidad del aire:** Se refiere a la velocidad del aire en forma vertical dentro de la cabina. Esto juega un papel significativo en la eficiencia de transferencia. Si la velocidad del aire es alta, es más probable que la pintura caiga fuera de la superficie objeto y directamente en el sistema de aguas residuales, en estos casos se ve afectado primeramente el espesor de la película, trayendo consigo otras variables que también se ven afectadas.

- ❖ **Viscosidad:** Se mide como el tiempo que tarda el flujo de un fluido en pasar por un orificio fijo. Esto afecta el modo en que la pintura es bombeada, difundida, atomizada y aplicada. Ya que la viscosidad varía con la temperatura, las medidas siempre deberán ser hechas en una temperatura específica. El grado óptimo de la viscosidad de rociado es la proporción solvente-pintura, esto depende de la tecnología, el proveedor y el equipo de aplicación usado; cuando la viscosidad es inferior que el grado óptimo, la pintura tiende a escurrirse. Si la viscosidad es más



alta que el grado óptimo, la pintura no fluirá correctamente y se incrementará la piel de naranja.

- ❖ **Temperatura de la pintura:** Hay muchos métodos para medir la temperatura de la pintura a ser rociada. Las variaciones en la temperatura de la pintura pueden causar cambios en la viscosidad y cambios en la cantidad de fluido a ser rociado. El resultado es una variación en el DOI de la superficie pintada.

- ❖ **Rango de calentamiento del horno:** Es el rango en el cual una unidad se calienta a la temperatura de secado especificada una vez dentro del horno. El rango deberá ser supervisado y mantenido. La influencia radica en la resistencia directamente. Que a su vez, luego puede afectar otras características de aspecto.

- ❖ **Durabilidad:** La durabilidad del sistema bi-capa abarca dos áreas:
 - Integridad física (adherencia básica y resistencia al impacto)
 - Resistencia a la intemperie (resistencia para calentarse, a la humedad y exposición a la luz ultravioleta).

La durabilidad no puede ser medida directamente en la planta, pero los factores que más fuertemente afectan a la durabilidad si pueden ser medidos, estos son el espesor de la película y el curado. Películas de bajos espesores pueden causar el desprendimiento en la interfaz base/transparente, o el resquebrajamiento de la misma. El transparente protegerá a la base principalmente de la exposición ultravioleta. La base entonces deberá tener un espesor de película suficiente para proteger el fondo. El espesor de la película de color es necesario para obstruir la luz, que es dependiente de la cantidad de pigmentación y color.

- ❖ **Curado de pinturas:** Los materiales son curados por las reacciones químicas que generalmente requieren algún periodo de tiempo a temperaturas elevadas.



Como las reacciones químicas son aceleradas por el calor, el control de temperaturas es a menudo más crítico que el tiempo dentro del horno. Un tiempo dentro del horno considerablemente alto o por debajo de lo recomendado tendrá efectos significativos tanto sobre el aspecto como sobre la durabilidad de las capas.

El aspecto final generalmente es mas afectado por sobre-cocimiento en el horno; altas temperaturas pueden causar una tonalidad amarillenta en colores claros en particular el blanco, El brillo y el DOI también pueden disminuirse. La durabilidad de las capas puede ser afectada por sobre-cocimiento en el horno o por falta de cocimiento. Algunos atributos como la adherencia y la resistencia al impacto, pueden ser afectados desfavorablemente, tanto por sobre-cocimiento como por falta de cocimiento.

- ❖ **Tiempo de cocido dentro del horno:** El tiempo es fijado en 35 min por datos específicos de instalaciones. El tiempo máximo de cocido dentro del horno es definido a 90 min y 20 min como mínimo.

2.2.7 DIAGRAMA CAUSA Y EFECTO

Es una herramienta usada para organizar las causas potenciales que producen un efecto observado. El diagrama causa-efecto, mostrado en la Figura 2.19, también conocido como diagrama de Ishikawa o diagrama de espina de pescado fue elaborado para representar gráficamente la relación entre algún “efecto” y todas las “causas” posibles que lo influyen. Este diagrama es utilizado a fin de ilustrar claramente las diferentes causas que afectan un proceso por la organización y relación de las mismas.

En el medio industrial las principales causas pueden ser agrupadas en seis categorías básicas, conocidas como las “6M”: método, mano de obra, maquinaria, materia prima, medición y medio ambiente.

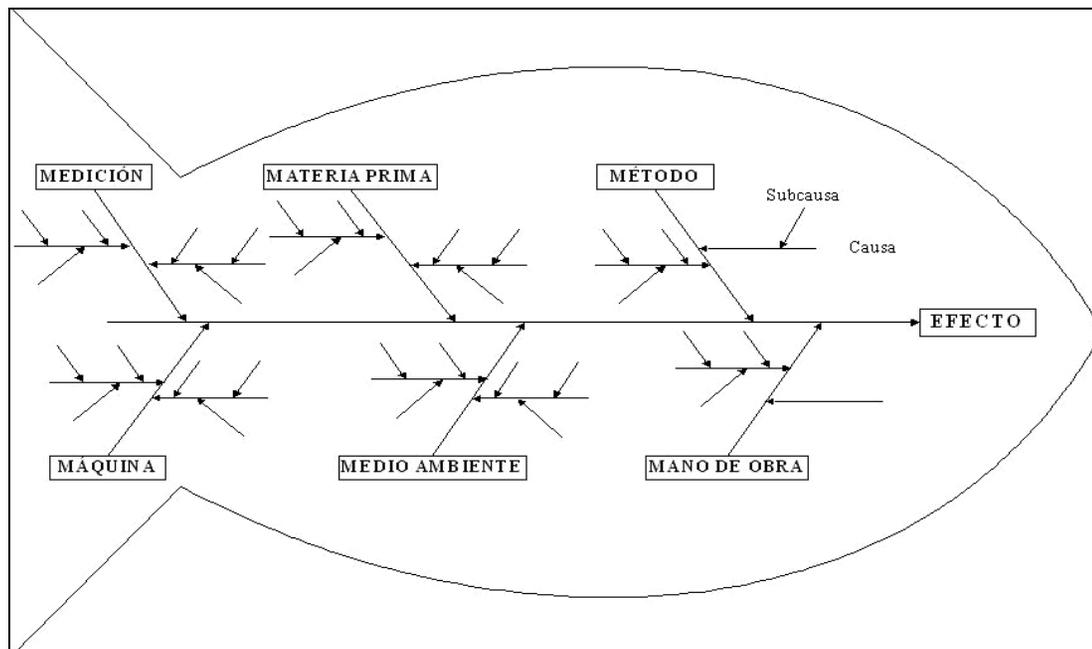


Figura 2.19. Diagrama Causa – Efecto correspondiente al método de las 6M’s
Fuente: Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma (Gutiérrez y De la Vara., 2005)

❖ **Los componentes del diagrama de causa y efecto:**

- a. *Efecto*: contiene el indicador de calidad y el enunciado del proyecto (problema), se ubica en el extremo derecho del eje central.
- b. *Eje central*: es una flecha horizontal, dibujada en forma de apuntar al efecto.
- c. *Categoría*: representa los principales grupos de factores relacionados con el efecto. Las flechas son dibujadas inclinadas, y apuntando hacia el eje central. Las categorías son las siguientes:
 - Método: son todas aquellas causas relacionadas con los procedimientos e instrucciones de trabajo.
 - Mano de obra: son todas las causas que intervienen en el proceso por efecto del hombre.



- Medición: se refiere a las causas relacionadas con las técnicas usadas para evaluar la calidad o cantidad de trabajo, incluyendo la inspección.
 - Máquina: comprende las causas debidas a los equipos de trabajo incluyendo computadoras.
 - Medio ambiente: engloba las causas relacionadas con el ambiente donde el trabajo es realizado, comprende las condiciones físicas no sólo el ambiente natural.
 - Materia prima: se refiere a las causas directamente relacionadas con los insumos que son usados en el proceso.
- d. *Causa*: causa potencial, dentro de una categoría que puede contribuir con el efecto. Las flechas son dibujadas horizontales, apuntando a la flecha de la categoría.
- e. *Subcausa*: causa potencial que puede contribuir con una causa específica. Son ramificaciones de una causa.

❖ **Razones del uso del diagrama de causa y efecto son:**

- a. Para identificar la información con respecto a las causas del problema.
- b. Para organizar y documentar las causas potenciales de un efecto o característica de calidad.
- c. Ayuda a enfocar el perfeccionamiento del proceso.
- d. Registra visualmente las causas potenciales que pueden ser revisadas y actualizadas.



2.2.8 DIAGRAMA DE PARETO.

Constituye un sencillo y gráfico método de análisis que permite discriminar entre las causas más importantes de un problema (los pocos y vitales) y las que lo son menos (los muchos y triviales).

❖ **Ventajas.**

- Ayuda a concentrarse en las causas que tendrán mayor impacto en caso de ser resueltas.
- Proporciona una visión simple y rápida de la importancia relativa de los problemas.
- Ayuda a evitar que se empeoren algunas causas al tratar de solucionar otras.
- Su formato altamente visible proporciona un incentivo para seguir luchando por más mejoras.

❖ **Utilidades.**

- Determinar cuál es la causa clave de un problema, separándola de otras presentes pero menos importantes.
- Contrastar la efectividad de las mejoras obtenidas, comparando sucesivos diagramas obtenidos en momentos diferentes.
- Pueden ser así mismo utilizados tanto para investigar efectos como causas.
- Comunicar fácilmente a otros miembros de la organización las conclusiones sobre causas, efectos y costos de los errores.

2.2.9 MINITAB.

El Minitab es un software que ofrece un ambiente completo para el análisis de datos, trabaja simultáneamente, con plantillas de datos, tablas con análisis estadísticos, gráficos y textos. La mayoría de los análisis estadísticos requiere



una serie de pasos, con frecuencia orientados por un conocimiento previo o por el área en cuestión que se investiga. Este software (Ver Figura 2.20) es capaz de realizar las siguientes acciones:

- Exploración de datos con graficas.
- Realización de análisis y procedimientos, mediante diferentes metodologías entre ellas la Seis Sigma.
- Evaluación de la calidad.
- Diseño de experimentos; factorial, taguchi entre otros.
- Preparación de hojas de trabajo.

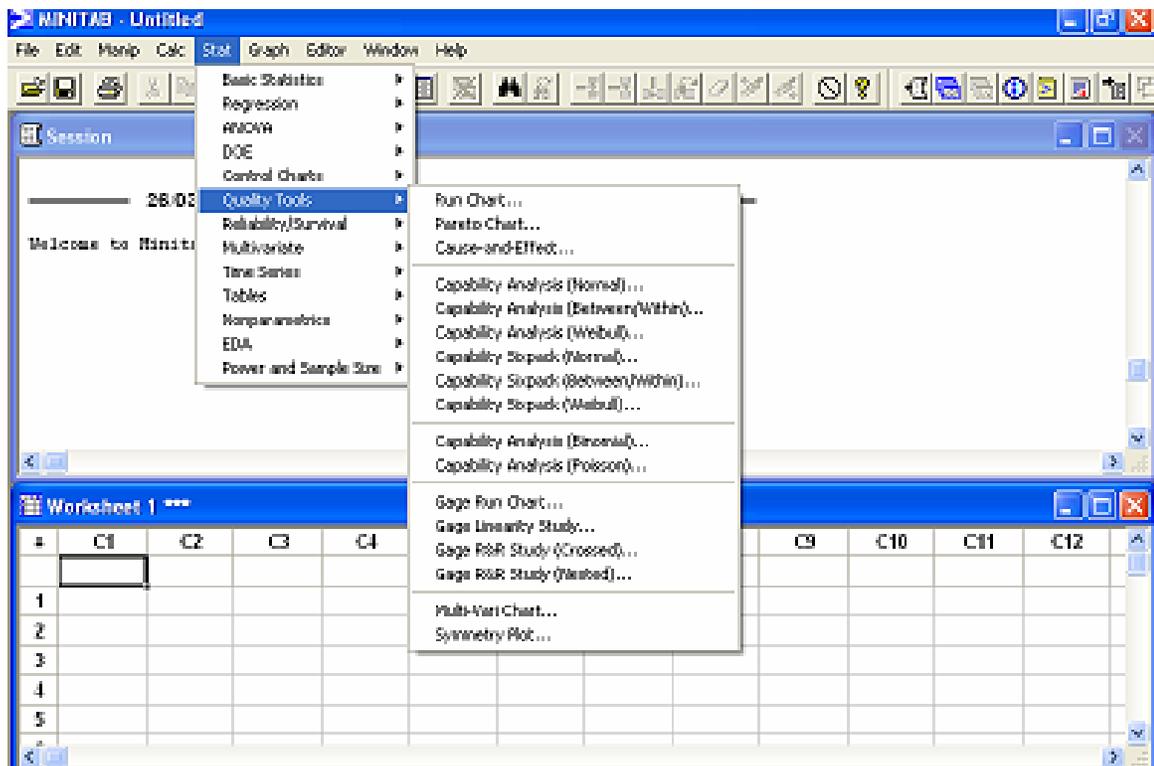


Figura 2.20 Menú principal del software estadístico Minitab.

Fuente: Moore, McCabes, (2003).



CAPÍTULO III DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

En este capítulo se da la descripción general del proceso del pintado de unidades que se lleva a cabo en el Departamento de Pintura de DaimlerChrysler C.A. de una manera más específica, haciendo énfasis en el proceso realizado en Cabina de Color y Retoque.

Tal como se muestra en la Figura 3.1, este proceso comienza en el área de fosfato donde se realiza una limpieza a la armadura de la unidad para luego ser tratada químicamente con un recubrimiento de fosfato, de allí pasa por el área de E-coat, donde la unidad se sumerge en un baño de pintura para proteger el sustrato de la corrosión. La unidad llega al área de latonería y sello; y posteriormente al área de las cabinas de aplicación de pintura. Finalmente la unidad ingresa al área de retoque final donde, si se encuentra dentro de especificaciones, pasa a la línea de tapicería. **DaimlerChrysler; (2008): Disponible en: Manual de Procesos del Departamento de Pintura de DaimlerChrysler C.A.**

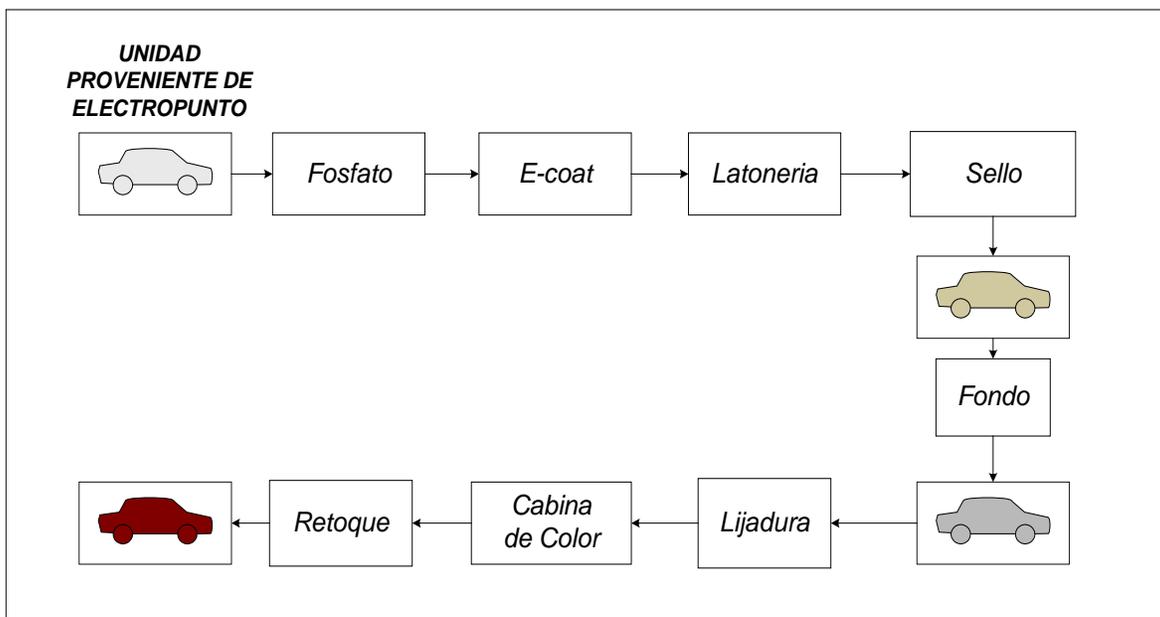


Figura 3.1. Etapas del proceso del Departamento de Pintura de la empresa DaimlerChrysler C.A.



3.1 ETAPA DE FOSFATO.

En esta etapa se realiza el pretratamiento metálico a la unidad; y este es el primer proceso que recibe el metal antes de ser pintado, donde se cambia la superficie metálica del metal virgen por un recubrimiento de fosfato de zinc ($ZnPO_4$) que posee pigmentos inhibidores a la corrosión.

El proceso de fosfato se divide en nueve fases: pre-desengrase, desengrase, enjuague 1, activador, fosfato, enjuague 2, pasivador, enjuague 3 y finalmente la limpieza con agua desionizada, como se muestra en la Figura 3.2. **DaimlerChrysler; (2008): Disponible en: Manual de Procesos del Departamento de Pintura de DaimlerChrysler C.A.**

3.1.1 Pre-desengrase: La unidad es limpiada con boquillas de aspersion con agua cruda para remover grasa y partículas presentes en la superficie de la unidad.

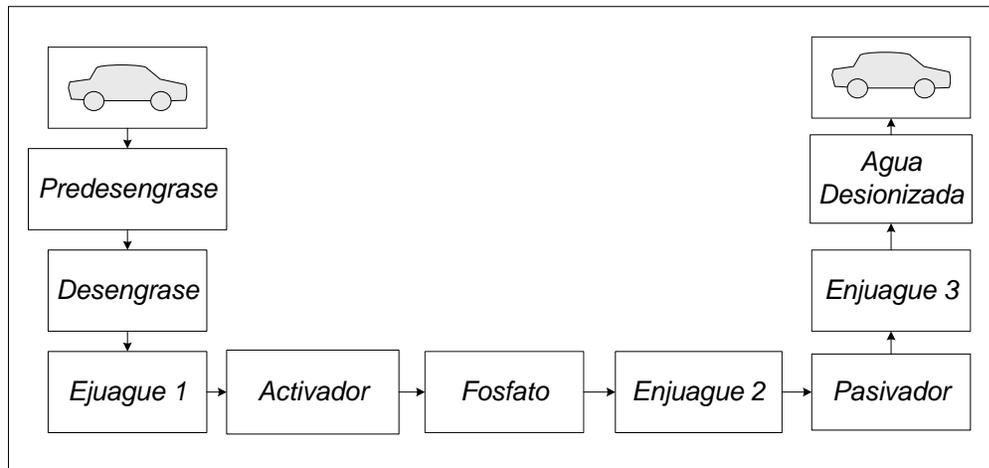


Figura 3.2 Fases del proceso en la etapa de Fosfato.

3.1.2 Desengrase: La unidad es tratada con agua cruda y productos alcalinos con contenidos de surfactantes; para lograr un ataque químico y obtener una superficie limpia.



3.1.3 Enjuague 1: Etapa donde la unidad es rociada con agua cruda a temperatura ambiente, para remover sales alcalinas y residuos que quedan de la etapa de desengrase.

3.1.4 Activador: En esta fase la unidad es tratada con una solución de sal de titanio, que sirve como nucleador para estimular la formación de cristales pequeños en la superficie metálica durante el baño de fosfato; mientras mas pequeños son los cristales y mas delgada la superficie, superior resultara la adhesión de la pintura.

3.1.5 Fosfato: La unidad es tratada con una solución de fosfato de zinc primario, convirtiendo la superficie metálica en una superficie policristalina de zinc, níquel y manganeso; favoreciendo la absorción de pintura y la resistencia a la corrosión en el metal. Durante este proceso la unidad adquiere las siguientes propiedades:

- Provee a la superficie de una conductividad eléctrica uniforme, dándole a la película mayor consistencia.
- Se obtendrá una adhesión hermética, mejorando el sistema de adhesión de pintura metálica.
- Los cristales formados que estructuran el recubrimiento aumentan la superficie permitiendo que algo de fondo aplicado sea absorbido dentro de los poros.

3.1.6 Enjuague 2: La unidad es rociada por aspersion con una solución de cromo, brindándole protección contra la corrosión debido al sellado de la película de fosfato, de esta forma se previene el arrastre de material a la siguiente etapa.

3.1.7 Pasivador: Se rocía la unidad con una solución compuesta por un polímero quelante e hidrosoluble, se utilizada con el fin de rellenar los espacios vacíos



donde la superficie metálica no es totalmente recubierta por los cristales de fosfato; evitando que el agua penetre y se forme óxido.

3.1.8 Enjuague 3: La unidad es rociada y limpiada con agua desionizada recirculada, para remover los residuos de sustancias arrastradas de los baños anteriores.

3.1.9 Agua desionizada: Finalmente la unidad es enjuagada con agua desionizada virgen sin recircular, para realizar una limpieza muy fina y asegurar que cualquier residuo de ácido soluble sea removido de la unidad antes del proceso de electrodeposición.

3.2 ETAPA DE E-COAT.

En esta sección se suministra a la unidad de resistencia a la corrosión; dicho proceso se realiza a través de un flujo de corriente eléctrica para depositar o anclar el producto a la superficie de la unidad, el proceso de E-coat se divide en cuatro fases como se muestra en la Figura 3.3; baño de pintura por electrodeposición, enjuague 1, enjuague 2 y horno de E-coat. **DaimlerChrysler; (2008): Disponible en: Manual de Procesos del Departamento de Pintura de DaimlerChrysler C.A.**

3.2.1 Baño de pintura por electrodeposición: Se realiza a través de un flujo de corriente eléctrica que permite depositar el producto a la superficie, esta es sumergida por 5 min en un baño de pintura electrónica, donde una carga eléctrica se aplica a la unidad actuando como ánodo y una carga opuesta se aplica al baño de pintura actuando como cátodo; las cargas de la unidad atraen las partículas de pintura de carga opuesta. Quedando la pintura adherida a la superficie de la pieza hasta formar el espesor indicado.

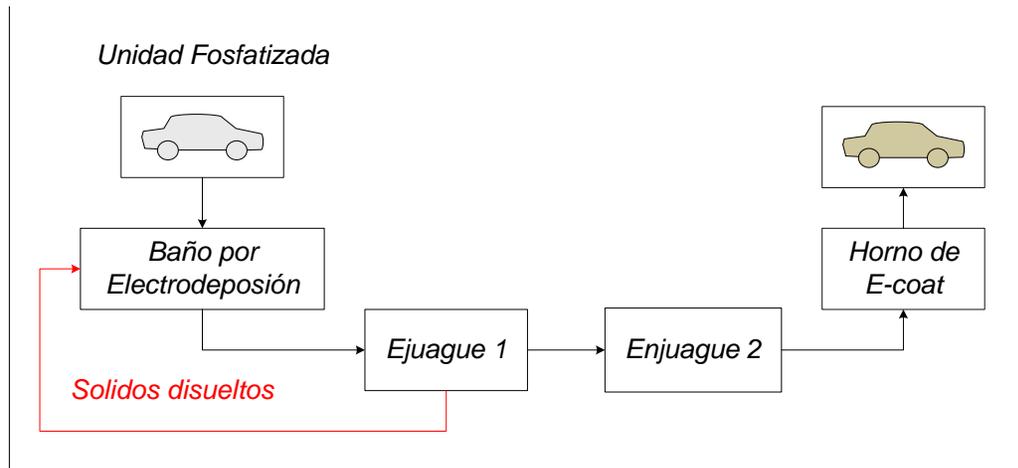


Figura 3.3 Fases del proceso en la etapa de E-coat.

3.2.2 Enjuague 1: La unidad es rociada por aspersion con agua desionizada para remover cualquier resto de pintura electrónica; simultáneamente se lleva a cabo la purificación de los sólidos de pintura electrónica disueltos en el agua. Dicha pintura es regresada al tanque de electrodeposición.

3.2.3 Enjuague 2: Se sumerge la unidad en un tanque con agua desionizada, para eliminar todo tipo de restos que hallan quedado de las dos etapas anteriores.

3.2.4 Horno de E-coat: La unidad entra a un horno por un tiempo de 20 min a una temperatura aproximada de 150 °C donde se produce el curado de la capa de pintura electrónica.

3.3 ETAPA DE LATONERÍA Y SELLO.

En la etapa de latonería se inspecciona la unidad para remover contaminantes y sucios adheridos a la superficie de la unidad, también se eliminan defectos causados por indebida manipulación de la unidad como: abolladuras, rayas, etc. En la etapa de sello se aplica un material polimerizado el cual se expande con el calor, con la finalidad



de sellar pases de agua y ruido; la Figura 3.4 muestra estas etapas. **DaimlerChrysler C.A.; (2008): Disponible en: Manual de Procesos del Departamento de Pintura de DaimlerChrysler C.A.**

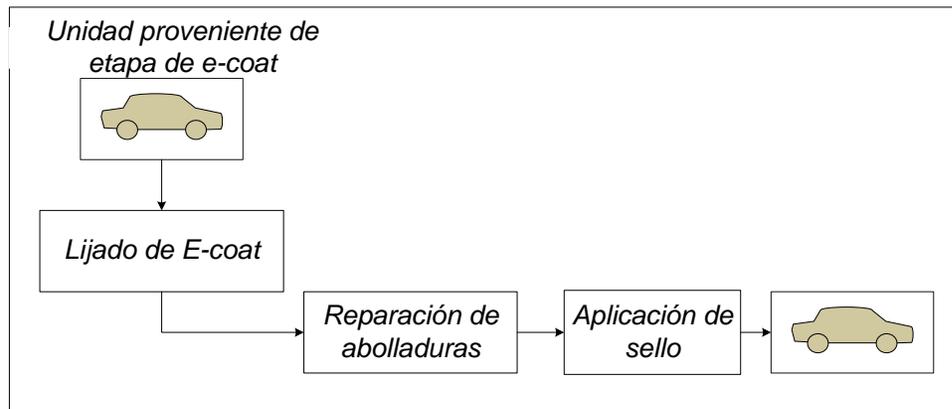


Figura 3.4 Fases del proceso en la etapa de latonería y sello.

3.4 ETAPA DE FONDO.

En esta etapa se lleva a cabo el fondeado de la unidad por medio de pistolas de aspersión electrostática, con el fin de suministrarle protección contra la corrosión y nivelación de la superficie a la unidad. El proceso se divide en tres pasos como se muestra en la Figura 3.5, cabina de fondo, evaporación de solventes y curado de fondo. **DaimlerChrysler; (2008): Disponible en: Manual de Procesos del Departamento de Pintura de DaimlerChrysler C.A.**

3.4.1 Cabina de fondo: La unidad ingresa a dicha cabina donde se le aplica el fondo con una viscosidad copa ford de 20 s con un flujo de 300 cc/min y una presión de atomización de 50 psi.

3.4.2. Curado de fondo: Consiste en secar la pintura por conducción a una temperatura de 180 °C aproximadamente, durante un período de tiempo de 25 min Vale destacar que la unidad tarda 5 min bajo un soplador de aire caliente a una temperatura de 50°C, antes de entrar al horno de curado;



tiempo necesario para que se evaporen los solventes antes de secarse la pintura.

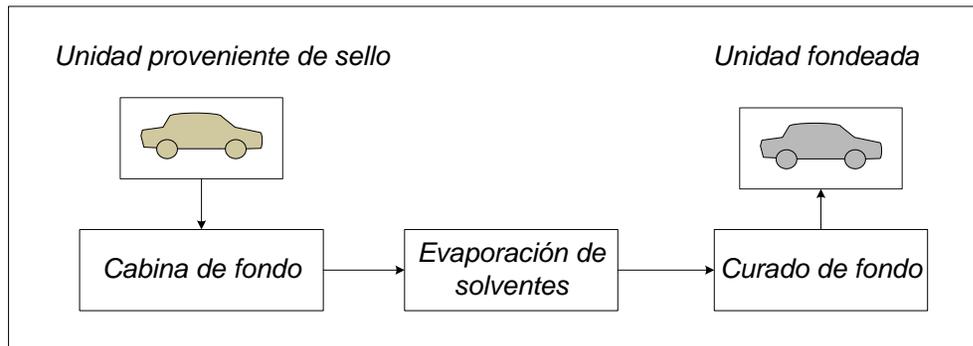


Figura 3.5 Fases del proceso en la etapa de fondo.

3.5 ETAPA DE LIJADO.

En esta etapa se usan lijas 3M-600 para eliminar sucios adheridos a la superficie de la unidad, así como defectos por exceso o mala aplicación de sello y altos espesores, escurridos o solvente atrapado por aplicación de fondo. La unidad es transportada al área de soplado por una cadena con velocidad constante, donde es soplada con aire a presión en sus partes internas y externas, para limpiar la unidad y eliminar todo tipo de sucio o polvillo originado del lijado de fondo.

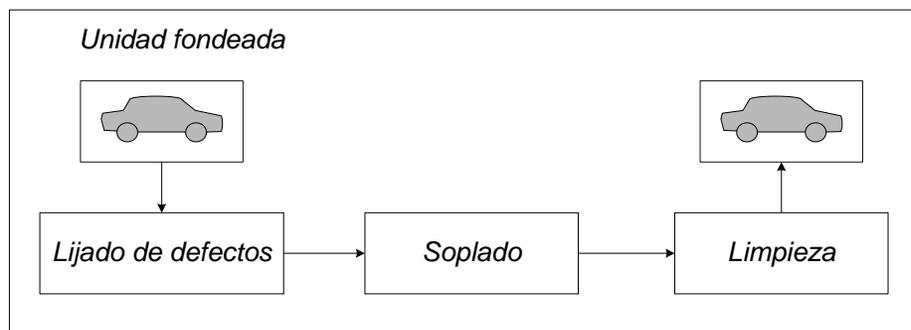


Figura 3.6 Fases del proceso en la etapa de lijado.

La unidad pasa al área de limpieza donde es limpiada en sus partes internas y externas a pintar, con un paño especial humedecido con una solución de alcohol



isopropílico y agua desionizada, para arrastrar todo tipo de sucio o polvo que no pudo ser eliminado en la etapa de aspiración; seguidamente se le pasa un segundo paño seco con propiedades adherentes para arrastrar cualquier pequeña partícula sobre la unidad, y así lograr una superficie limpia y libre de partículas que afecten la apariencia final, la Figura 3.6 muestra estas etapas. **DaimlerChrysler; (2008): Disponible en: Manual de Procesos del Departamento de Pintura de DaimlerChrysler C.A.**

3.6 ETAPA DE CABINA DE COLOR Y HORNO DE CURADO.

La unidad es transportada a la cabina de aplicación de color y transparente, la cual cuenta con cuatro (4) estaciones como se muestra en la Figura 3.7.

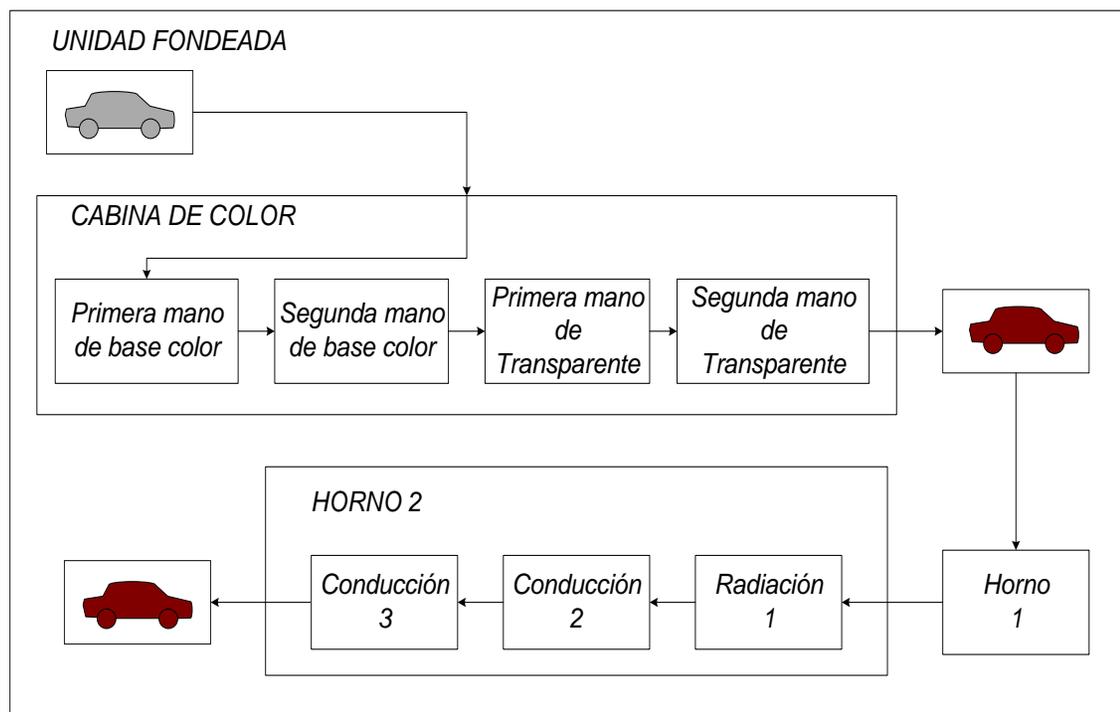


Figura 3.7 Fases del proceso en de Cabina de color y Horno de curado.

Donde se trabaja con pistolas de aspersión electrostática, a una misma temperatura y humedad relativa de cabina de 26 °C y 80 °C respectivamente para todas las estaciones; en la primera estación se aplica la primera mano de base color (pintura



compuesta por pigmentos cromáticos) encargada de aportar el color característico a la unidad, en esta estación se opera a una viscosidad copa ford entre 16 y 17 s; con un porcentaje de dilución del 17 % v/v de solvente por galón de pintura para la base de color blanco piedra. A un flujo de 360 cc/min. Y una presión de atomización de 55 Psi.

La unidad es pintada simultáneamente y en secuencia por dos operadores siguiendo una secuencia de adelante hacia atrás, donde primero se pintan las partes internas de: puertas, compartimiento de motor y compuerta; luego las partes externas de: capot, guardafango, puerta delantera y trasera, cuarto trasero y compuerta. Esto con el fin de dar tiempo a la pintura de secar debidamente y puedan evaporarse los solventes.

Seguidamente la unidad pasa a la siguiente estación, donde se aplica la segunda mano de base color para reforzar la aplicación anterior y darle el acabado final de color, donde solo se pintan las partes externas, simultáneamente y en secuencia de: techo, capot, guardafango, puerta delantera y trasera, cuarto trasero y compuerta. Esta estación trabaja con una viscosidad copa ford entre 16 y 17 s, con el mismo porcentaje de dilución de solvente, y a un flujo y presión de atomización de 280 cc/min y 50 Psi respectivamente.

En la tercera y cuarta estación se aplica la primera y segunda mano de transparente, este le confiere a la unidad brillo y resistencia contra los rayos ultra violeta; se opera con: una viscosidad copa ford de 20 s, un flujo de 300 cc/min y una presión de 50 Psi.

Luego la unidad es enviada a un horno 1 de secado empleando aire caliente a una temperatura de 30 °C donde tarda 5 min aproximadamente antes de entrar al horno 2, tiempo necesario para que los solventes de la pintura se evaporen, evitando así la formación de solvente atrapado en la película de pintura. Entra al horno 2 de curado por 45 min, este esta conformado por tres zonas que operan a distintas temperaturas: zona 1 de radiación (530 °C), zona 2 de conducción (300 °C) y zona 3 de conducción (280°C). Por último la unidad sale del horno, es desmontada de la cadena



transportadora y enviada al área de retoque. **DaimlerChrysler; (2008): Disponible en: Manual de Procesos del Departamento de Pintura de DaimlerChrysler C.A.**

3.7 ETAPA DE RETOQUE.

Al salir del horno de curado 2 la unidad entra al área de retoque, esta consta de cuatro (4) secciones como lo muestra la Figura 3.8. En la sección uno se realiza el control de parámetros de calidad: espesor de base y autospect (brillo, distinción de imagen y piel de naranja), con un rango de espesor entre (0,8 – 1,2) mils (milésimas de pulgadas) y un rango de autospect entre (60 – 80) adim, estos valores son específicos para las unidades pintadas con la base color blanco piedra; debido a que cada base color varia según sus especificaciones; verificando así que las unidades estén dentro de los valores corporativos a fin de conservar la calidad; luego pasa a la estación de pulidores donde se eliminan con cuchilla, cera y pulidora los sucios y partículas adheridas a la superficie y dependiendo del tipo de defecto es rechazada la unidad. Cuando el defecto en la pieza o unidad es grave, se envía a la cabina de lijado de fondo para corregir el daño y se vuelve a pintar (reproceso).

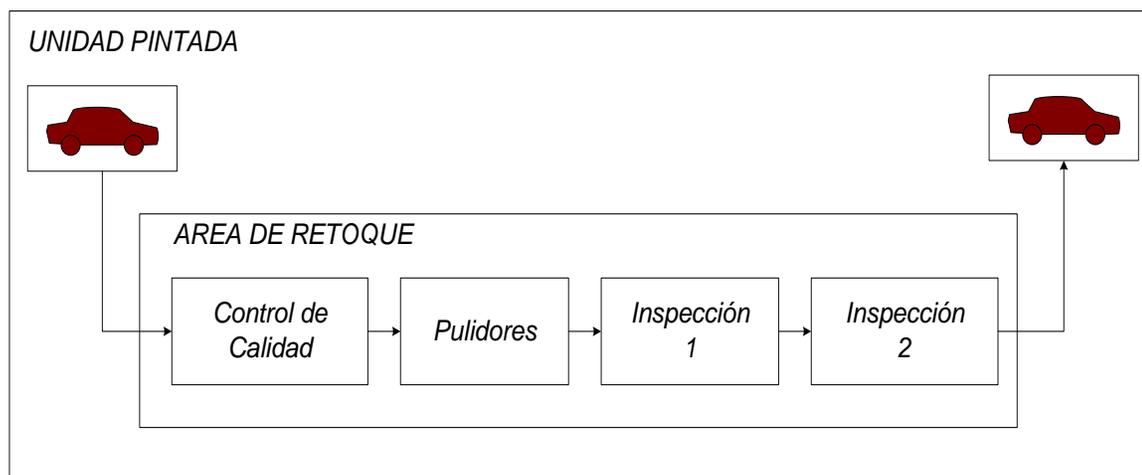


Figura 3.8 Fases del proceso en el área de Retoque.

Seguidamente en la inspección 1, se realiza una revisión interna y externa de la unidad a fin de detectar y corregir los defectos puntuales por aplicación de pintura



como: escurridos, fallos de color y solvente atrapado, el área afectada es lijada con lija 3M-800, para pintar del color respectivo (retoque), luego secar con secador para finalmente pulir con cera y pulidora. Ya aprobada la unidad entra a la inspección 2 (responsable de la revisión final y decisión de compra) que actúa bajo el mismo criterio de la inspección anterior, las unidades compradas pasan al área de tapicería y las rechazadas son reparadas al momento. **DaimlerChrysler; (2008): Disponible en: Manual de Procesos del Departamento de Pintura de DaimlerChrysler C.A.**



CAPÍTULO IV MARCO METODOLÓGICO

En esta sección se encuentra una breve descripción del tipo de trabajo científico y el tipo de investigación, además presenta de manera clara y concisa las actividades desarrolladas para llevar a cabo los objetivos planteados de un modo secuencial.

Según los objetivos planteados, el presente trabajo especial de grado según su nivel de profundidad es de tipo evaluativo; durante el desarrollo de la investigación se pretende evaluar una propuesta para la incorporación de la tecnología de aplicación de fondos en la industria automotriz para el mejoramiento de la apariencia de unidades, así como reducir los costos por disminución de unidades reparadas.

De acuerdo a la estrategia o diseño de la investigación, la misma se puede clasificar como de tipo experimental debido a que se realizará toda una metodología para la aplicación de los fondos value shade el cual permite el mejoramiento de la apariencia de las unidades del departamento de pintura de DaimlerChrysler de Venezuela C. A. De acuerdo al alcance de la situación deseada y al tipo de metodología a utilizar en este trabajo, se procede a realizar el desarrollo sistemático de la investigación mediante el seguimiento de las siguientes fases:

- Conocimiento de la línea de pintura.
- Experimentación evaluativa del funcionamiento actual de la línea.
- Establecimiento de las alternativas que permitan mejorar la apariencia actual de las unidades bajo condiciones del fondo blanco.
- Experimentación de las alternativas para mejorar la calidad de las unidades de color blanco.
- Evaluación de las mejoras planteadas para la selección final.
- Evaluación costo beneficio de la mejora planteada.



4.1 CONOCIMIENTO DEL PROCESO DE LA LÍNEA DE PINTURA (CABINA DE COLOR Y RETOQUE).

Se realiza un conocimiento del proceso de pintado de las unidades, mediante observación directa, a través de una serie de actividades que proporcionan la información necesaria para el conocimiento y comprensión total del proceso.

4.1.1 Familiarización con el Proceso de Aplicación de Pintura y Retoque de unidades.

Para llevar a cabo esta actividad, se realiza en primer lugar un proceso de inducción en planta, que incluye charlas con el personal especializado y obreros en las áreas involucradas; con esto se logra entender el proceso y adquirir conocimientos básicos del mismo, conocer el funcionamiento de los equipos y sus condiciones de operación.

4.1.2 Entrevistas con el personal calificado y revisión bibliográfica de los manuales de seguridad y procedimientos de la empresa logrando la identificación del proceso.

Se realizaron entrevistas con el personal técnico calificado en las áreas de sala de mezcla, cabina de color y retoque de unidades; con el fin de recopilar información necesaria que permita el diagnóstico en base a la experiencia tanto laboral como práctica de los mismos.

La estructura de las entrevistas realizadas fue al azar tomando tres inspectores de calidad de cada área, indicándoles a los mismos el objetivo de la investigación y los puntos estratégicos de los cuales se busca información. (Ver apéndice A). Luego se realiza una búsqueda de las condiciones de operación de las diferentes etapas y equipos involucrados en el proceso de pintado y retoque de unidades, con la finalidad de complementar la información obtenida en campo (Ver Capítulo V. Sección 5.1.2.).



4.1.3. Caracterización general del proceso y del producto final.

Mediante recorridos en el departamento de pintura de DaimlerChrysler y la inspección visual de las diferentes áreas involucradas en el proceso, así como los equipos involucrados, se logro hallar la secuencia de las diferente etapas de proceso de pintado automotriz, condiciones de operación, características y materiales involucrados, para así lograr su entendimiento. (Ver Capitulo V. Sección 5.1.3.).

4.2 DIAGNÓSTICO DEL PROCESO ACTUAL DE APLICACIÓN DE PINTURA AUTOMOTRIZ PARA LAS UNIDADES BLANCO PIEDRA MEDIANTE LA INSPECCIÓN DIRECTA.

Para lograr el diagnostico del proceso actual, se realizaron entrevistas al personal (Ver Apéndice C. Tablas C.7 y C.8) y con esta información se realizó la construcción de un diagrama de pareto para identificar los problemas presentes en las unidades al final del proceso.

Posteriormente se construyó un diagrama causa-efecto general y simplificado a fin de definir las variables que afectan dicho proceso, donde se clasificaron en una matriz de ponderación con el fin de definir las más influyentes en el proceso con sus respectivos rangos de operación (Ver Capitulo V. Sección 5.2.).

4.2.1. Identificación de los factores que afectan la calidad de las unidades.

Se realizó una revisión de los problemas mas comunes que presentan las unidades blanco piedra una vez pintadas; por medio de entrevistas realizadas a los inspectores de calidad del área de retoque, con la finalidad de definir los factores y problemas que pueden presentar dichas unidades una vez culminado el proceso de pintado automotriz. (Ver apéndice A)



4.2.2. Construcción del diagrama causa–efecto general.

Se realizó una tormenta de ideas sobre las posibles causas que afecten el proceso tomando en cuenta las condiciones de operación involucradas en el mismo, mediante entrevistas al personal calificado en el área y una revisión bibliográfica de los principales defectos que puedan presentar las unidades de color blanco piedra al finalizar el proceso, lo cual permite la construcción de un diagrama de Ishikawa (Ver Capítulo V. Figura 5.3.).

En el diagrama se muestra de forma semejante a una espina de pescado la información recaudada donde se especifica la fuente de las posibles causas del problema, clasificada por grupos. La clasificación de las causas se realizó dentro de la estructura “6M”: método, medición, mano de obra, medio ambiente, maquinaria y materia prima.

4.2.3. Construcción de la matriz causa-efecto.

A partir del diagrama de Ishikawa se seleccionaron los defectos más significativos que afectan la calidad del producto final del proceso (variable de entrada) y se le asignó una ponderación específica a cada una, basada en un análisis realizado por los inspectores de calidad del departamento de pintura y con una observación directa realizada donde se lleva a cabo el proceso; en cuanto a frecuencia y tipo de defectos que presentan las unidades de color blanco piedra al finalizar el proceso.

Se realizaron entrevistas al personal de cabina de color y sala de mezclas con el fin de definir y ponderar cada variable según su efecto influyente en el efecto, la selección de cada ponderación se basó en los resultados de la encuesta realizada según la opinión de los entrevistados. La matriz causa-efecto proporciona los problemas de mayor importancia involucrados en el proceso, así como también las variables que afectan con mayor incidencia al mismo.



Se estableció una ponderación para cada una de las variables de entrada (causas medibles o manipulables) determinante en el proceso la cual posee 4 niveles diferentes; 0 si la variable no influye en el efecto, 2 si la influencia es baja, 6 si la influencia es intermedia y 10 si es altamente influyente, ya asignados los valores a cada variable de entrada (causas medibles o manipulables) determinante en el proceso. (Ver Capítulo V. Sección 5.2.3.).

4.2.4. Especificación de los rangos de operación para las variables de entrada a manipular.

Se establecieron los valores o rangos de las variables de entrada a cuantificar dentro de los valores permitidos, según las especificaciones y normas que dicta el departamento de pintura con el fin de que los resultados sean lo mas reales y representativos posibles. (Ver Capítulo V. Sección 5.2.4.).

4.3 GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS QUE PERMITAN MEJORAR LA APARIENCIA ACTUAL DE LAS UNIDADES BLANCO PIEDRA.

En este objetivo se hace uso del diseño factorial para definir el cuerpo de la fase experimental, a fin de establecer la interacción entre las variables de entrada y hallar las posibles combinaciones y números de experimentos a realizar. Logrando determinar la apariencia actual de las unidades y al mismo tiempo estudiar el efecto que posee la nueva propuesta en el proceso. (Ver Capítulo V. Sección 5.3.1).

4.3.1. Revisión y selección de la metodología experimental a emplear.

Se realiza una revisión bibliográfica de las diferentes metodologías existentes, así como también de los posibles diseños de experimentos a emplear. Se consultó con personas expertas en la materia, para así establecer la metodología mas adecuada. Posteriormente se eligió el tipo de diseño que se empleo para la realización y desarrollo del diseño de experimentos. (Ver Capítulo V. Sección 5.3.1.).



4.3.2. Creación del diseño de experimentos para verificar el estado actual de las variables.

Para la ejecución del diseño de experimentos se empleo el software especializado Minitab, este permite obtener una interacción entre cada una de las variables de entrada según los niveles establecidos, para ello se deben seguir los siguientes pasos:

- **Selección del diseño de experimento.**

Posteriormente a la selección de las variables que formaron parte del estudio, se realizó una breve revisión bibliográfica acerca de diseño de experimentos y de acuerdo al número de variables se consideró un diseño factorial, como el más apropiado para este tipo de investigación, ya que con el se puede examinar la relación entre los dos factores y estudiar las variables en pocos ensayos. Para el diseño experimental se tuvo como apoyo el programa de herramientas estadísticas Minitab, el cual por medio de una serie de pasos permite obtener la matriz con las interacciones entre los distintos niveles de cada una de las variables de entrada:

- **Selección de un diseño de experimento.**

Stat → DOE → Factorial → Create Factorial Design.

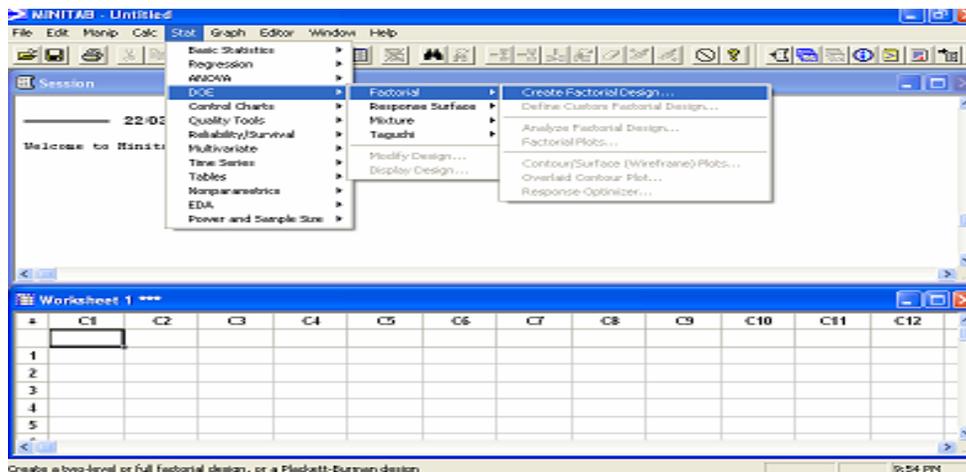


Figura 4.1. Pasos para la creación del diseño de experimentos.



- **Establecimiento del número de factores y niveles de diseño.**

Según el número de factores o variables de entrada a ser considerados durante el estudio, con un total de dos y cada factor con dos niveles, se definió que el diseño experimental a utilizar debe ser tipo factorial, el cual se puede observar en la Figura 4.2. a continuación.

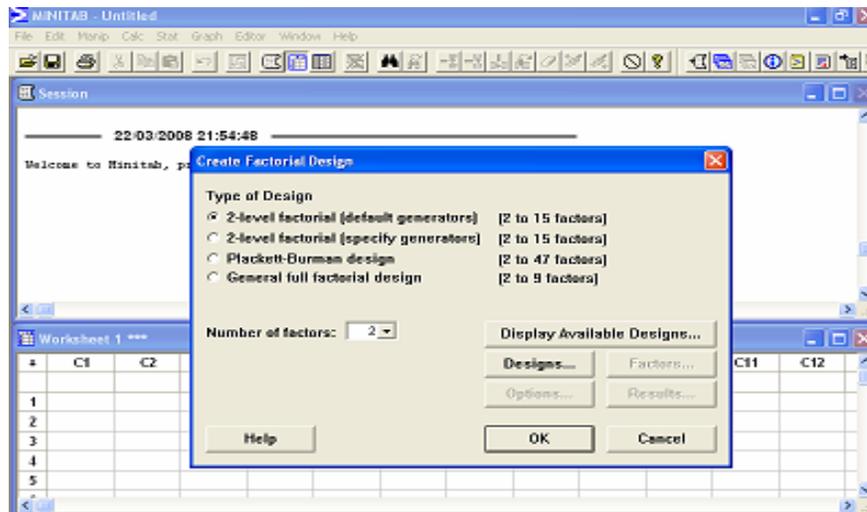


Figura 4.2. Selección del número de factores y niveles.

- **Establecimiento de los parámetros necesarios.**

El número de variables de entrada involucradas en la realización del diseño de experimento fue de dos con dos niveles cada una. Para la determinación del arreglo ortogonal se trabajó con la ecuación:

$$n = (2^k) * r$$

Donde n es el número de ensayos realizados, K es el número de factores o variables de entrada, cada una con dos niveles y r el número de réplicas. Obteniendo así el número de ensayos realizados.

$$n = (2^2) * 3 = 12$$



Como consecuencia se obtuvo un arreglo ortogonal del tipo L_{12} . (Ver Capítulo V Sección 5.3.1. Por medio del parámetro Designs se logro hallar el arreglo ortogonal. Se puede ver en la Figura 4.3.

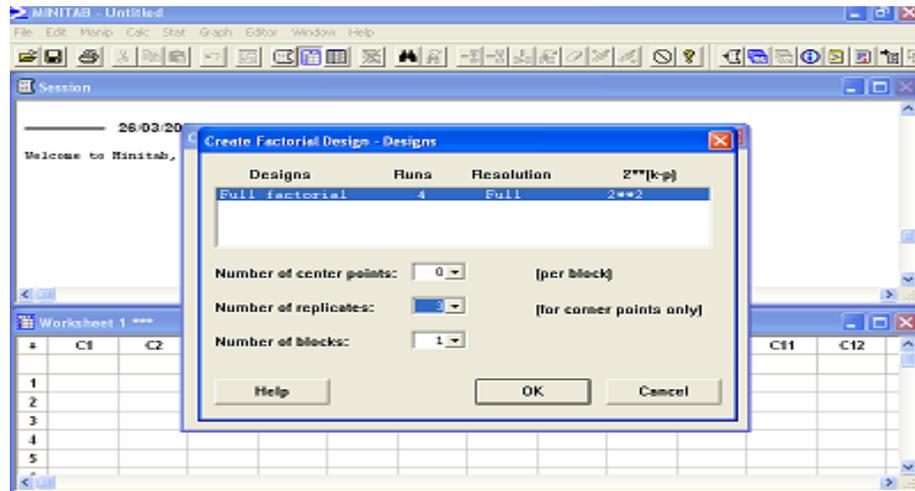


Figura 4.3. Establecimiento de los parámetros necesarios.

- Definición de los factores del diseño de experimentos y sus niveles.

Se suministró el nombre de cada una de las variables de entrada, así como los respectivos niveles de estudio. (Ver Capítulo V. Sección 5.3.1.).

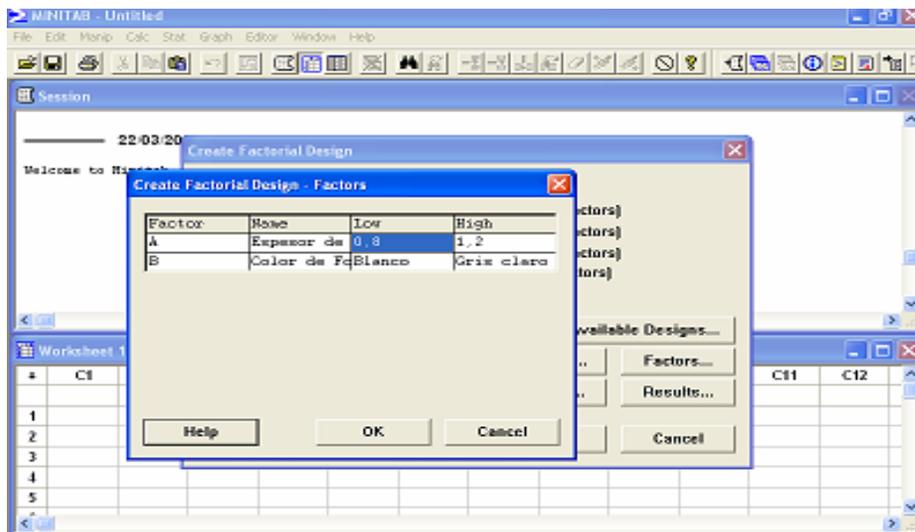


Figura 4.4. Definición de los factores de diseño y sus niveles.



- **Generación de la hoja de trabajo del diseño factorial de experimentos.**

Se construyó la hoja de trabajo la cual se observa en la Figura 4.5, esta contiene cada una de los experimentos a realizar con sus respectivas réplicas lo cual da un total de 12 experiencias, con los respectivos factores a modificar en dicha etapa de acuerdo al nivel a estudiar. (Ver Capitulo V. Tabla 5.4).

The screenshot shows the Minitab software interface. The 'Session' window displays the following information:

Factors:	2	Base Design:	2, 4
Runs:	12	Replicates:	3
Blocks:	none	Center pts (total):	0

Below the Session window is the 'Worksheet 1' window, which contains the following data:

	C1	C2	C3	C4	C5	C6-T	C7	C8	C9	C10	C11
	StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	Espejos de Base	Color de Fondo					
1	1	1	1	1	0,8	Blanco					
2	10	2	1	1	1,2	Blanco					
3	7	3	1	1	0,8	Gris Claro					
4	2	4	1	1	1,2	Blanco					
5	4	5	1	1	1,2	Gris Claro					
6	12	6	1	1	1,2	Gris Claro					
7	9	7	1	1	0,8	Blanco					
8	8	8	1	1	1,2	Gris Claro					
9	11	9	1	1	0,8	Gris Claro					
10	6	10	1	1	1,2	Blanco					
11	5	11	1	1	0,8	Blanco					
12	3	12	1	1	0,8	Gris Claro					

Figura 4.5. Hoja del diseño factorial de experimentos.

4.3.3. Desarrollo del diseño de experimentos.

- **Preparación de los materiales a emplear.**

Inicialmente se preparo el material necesario para la realización de los experimentos, así como la verificación de las condiciones de los equipos a emplear. Se verificó la viscosidad de aplicación de la base de color a utilizar (blanco piedra) y del fondo (gris claro) ya existente en planta.

Se verificó que el fondo de color gris claro estuviera dentro de su viscosidad y temperatura de aplicación de 18" medida en copa Ford 4 y 25 °C respectivamente, ya que este es el fondo usado en línea y se carga en el tanque una vez por día según la producción.



De igual manera se procedió para la base de color blanco piedra, se verificó que estuviera a viscosidad y temperatura de aplicación de 16" medida en copa Ford 4 y 25 °C respectivamente.

Se utilizó una cantidad representativa del fondo de color blanco suministrado por el proveedor y se diluye con su respectivo solvente hasta alcanzar su viscosidad de aplicación. Este cura a temperaturas de 180 °C y trabaja a una viscosidad de 20" medida en copa Ford 4, para llevarlo a su viscosidad este fue anteriormente diluido con una mezcla de solventes y vaciado en un tanque de agitación presurizado conectado a la línea de fondo.

- **Preparación de los equipos a emplear.**

Con ayuda de los operarios de sala de mezcla y cabina de color se procede a verificar los parámetros de operación de los equipos necesarios para llevar a cabo el diseño de experimento.

- **Realización y coordinación de los experimentos:**

Se procede a realizar cada uno de los experimentos diseñados en el software Minitab una vez preparados los materiales así como los equipos a emplear. En vista de las cantidad de unidades a evaluar y tomando en cuenta que se trabajarán por modelos, se decidió estudiar las unidades en lotes de 6 para cada modelo y color de fondo. La evaluación se dividió en el orden siguiente:

Situación Actual: Color de fondo gris claro.

- Grupo 1: 6 Unidades Caliber.
- Grupo 2: 6 Unidades Cherokee.
- Grupo 3: 6 Unidades Grand Cherokee.



Situación Propuesta: Color de fondo blanco.

- Grupo 4: 6 Unidades Caliber.
- Grupo 5: 6 Unidades Cherokee.
- Grupo 6: 6 Unidades Grand Cherokee.

Preparación de las unidades a evaluar.

- **Grupo 1:**

Se realizó la selección de las unidades provenientes del área de e-coat, para proceder a la aplicación del fondo de línea (gris claro). Se agruparon las 6 unidades modelo Caliber y se procedió a pintar cada unidad con su fondo respectivo (gris claro) a un espesor de 1 mils (milésimas de pulgadas) aproximadamente, se hornearon a 180 °C por un tiempo aproximado de 25 min según las especificaciones, una vez fondeadas entran a la cabina de lijado y de presentar alguna imperfección estas son lijadas (Ver Capítulo III. Sección 3.5).

Para llevar a cabo la realización de los experimentos, fue necesario el control de los espesores sobre la unidad bajo las mismas condiciones de operación de: espesor 1 (e-coat+fondo+base color+transparente) y espesor 2 (e-coat+fondo+transparente); para esto se utilizó la técnica aplicada por los inspectores de calidad, se aplicó en paralelo una porción de cinta adhesiva sobre las zonas de las manillas de la unidad (zonas no visibles por el cliente) antes de aplicar la base de color y mediante la diferencia de dichos espesores obtener el espesor de base color.

Seguidamente se colocó la porción de cinta adhesiva en los lugares correspondientes anteriormente descritos, para lograr obtener el valor de espesor de la base color, la unidad entra a la cabina de color para proceder a la aplicación de la base blanco piedra y el transparente (Ver Capítulo III. Sección 3.6).

Después de aplicada la base color dicha cinta se retiró para aplicar las capas de transparente, de esta manera la capa de transparente cae sobre la capa de fondo



quedando esta zona desprovista de base color blanco piedra; de esta manera después de horneada la unidad, se puede medir el espesor 2; el espesor 1 se mide en toda la superficie de la unidad y así mediante la resta de estos dos espesores se halla el espesor aproximado de base de color.

Seguidamente se realizaron las mediciones y tabulaciones de las variables de salida a cada una de las pruebas realizadas por grupos para la situación actual y situación propuesta (Ver Capítulo V. Tablas 5.6, 5.7 y 5.8); con instrumentos de medición apropiados y aprobados por la empresa.

Al realizar la evaluación de las unidades, se descarto la presencia de escurrido y fallo de color, permitiendo evaluar y cuantificar la apariencia, utilizando para ello un equipo especial para la medición de la apariencia llamado Autospect (Ver Sección B.1 del apéndice B), además se midieron los espesores de base color (Ver Sección B.2 del apéndice B), con el fin de verificar el comportamiento del proceso como lo establecido por el diseño de experimento factorial. El procedimiento anterior, se realizo de igual manera para los grupos de unidades números: 2, 3, 4, 5 y 6, tomando en cuenta el fondo respectivo para cada prueba.

TABLA 4.1
MEDICION DE ESPESORES Y AUTOSPECT BAJO LA SITUACIÓN ACTUAL DE
LAS PRUEBAS REALIZADAS A LAS UNIDADES
CALIBER COLOR BLANCO PIEDRA.

Grupo #	Unidad	Espesor 1 (E1 ± 0,01) mils	Espesor 2 (E2 ± 0,01) mils	Espesor de base Color (BC ± 0,01) mils	Autospect (A ± 5) adim
1	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
	6				



- **Análisis del diseño de experimentos.**

Al realizar las mediciones de las propiedades finales de las unidades de prueba, se introdujeron los valores obtenidos en la hoja de diseño arrojada por el software Minitab, el cual permitió realizar un análisis de las variables de salida, observar la interacción de las variables así como su comportamiento bajo la situación actual y la situación propuesta. (Ver Capítulo V. Tabla 5.5). Este análisis se realizó mediante un test de hipótesis y un análisis tipo factorial.

La ruta de cálculo para realizar este procedimiento es la siguiente:

Stat → DOE → Factorial → Analyze Factorial Design.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6.T	C7	C8	C9	C10
	StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	Espesor de Base	Color de Fondo	Espesor de Base	Autoeject		
1	1	1	1	1	0,8	Blanco	1,17	71,43		
2	10	2	1	1	1,2	Blanco	1,11	73,61		
3	7	3	1	1	0,8	Gris Claro	1,19	71,44		
4	2	4	1	1	1,2	Blanco	1,31	65,79		
5	4	5	1	1	1,2	Gris Claro	1,29	65,08		
6	12	6	1	1	1,2	Gris Claro	1,18	70,96		
7	9	7	1	1	0,8	Blanco	1,26	65,84		
8	8	8	1	1	1,2	Gris Claro	1,33	66,51		
9	11	9	1	1	0,8	Gris Claro	1,26	65,95		
10	6	10	1	1	1,2	Blanco	1,06	74,06		
11	5	11	1	1	0,8	Blanco	1,08	73,95		
12	3	12	1	1	0,8	Gris Claro	1,37	65,96		

Figura 4.5. Aplicación del análisis factorial.

4.4. COMPARACION DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS A FIN DE VALIDAR EL MEJORAMIENTO DE LAS UNIDADES BLANCO PIEDRA.

En base a los resultados obtenidos en el diseño de experimentos ya realizado y la bibliografía estudiada, se procede a calcular el valor de la media y la desviación estándar de las variables de salidas evaluadas bajo la situación actual y la propuesta, a fin de obtener los límites de especificación establecidos y estudiar la capacidad del



proceso (Cp) y verificar el estado de las mismas. Con la finalidad de comparar y realizar un estudio de la capacidad actual del proceso y de la nueva propuesta.

4.4.1. Creación y análisis de la matriz comparativa.

Se realizó una matriz comparativa entre los valores actuales y los valores de la nueva propuesta arrojados por el programa Minitab, con la finalidad de establecer criterios y demostrar la mejora que suministra la implementación de la propuesta en planta. Seguidamente se realiza el análisis y los cálculos correspondientes cuantificando el porcentaje de mejora en el proceso, aportado por la nueva propuesta. (Ver Capítulo V. Tabla 5.9).

4.5. EVALUACIÓN DE LA RELACIÓN COSTO-BENEFICIO DE LA NUEVA PROPUESTA.

Mediante el cálculo del volumen de materias primas utilizadas bajo cada experimento, se logra obtener el volumen consumido por área para cada modelo de unidad y por medio del análisis costo-beneficio se estudia si la nueva propuesta genera un porcentaje de ahorro al proceso. (Ver Capítulo V. Sección 5.5).

4.5.1. Determinación de los indicadores económicos del proceso actual y propuesto.

Se realizó un análisis de costos, mediante entrevistas con el personal, posteriormente se calculan indicadores económicos como: consumo de cada una de las materias por metro cuadrado, el valor en dólares por galón de cada una de las materias primas empleadas y en porcentajes de incremento o decremento de los precios utilizando la nueva propuesta. Ganancia anual actual y ganancia anual con la nueva propuesta y se establecen comparaciones en base a beneficio.



4.5.2. Análisis de la alternativa propuesta.

En base a los indicadores económicos se establecieron comparaciones entre las dos alternativas, se realizó la evaluación de cada una de ellas, lo cual permitió la selección de la propuesta, con el fin de dejar por escrito las especificaciones correspondientes. (Ver Capítulo V. Tablas 5.13, 5.14 y 5.15).



CAPITULO V

RESULTADOS Y DISCUSIONES

A continuación se presenta la explicación de cómo y porqué se realizó el procedimiento para la evaluación de aplicación de un fondo blanco, en el área de pintura de DaimlerChrysler C. A., con la finalidad de mejorar la calidad de las unidades de color blanco.

5.1 CONOCIMIENTO DEL PROCESO DE LA LÍNEA DE PINTURA (CABINA DE COLOR Y RETOQUE).

5.1.1 Familiarización con el Proceso de Pintado y Retoque de unidades.

Por medio de un recorrido por planta y la interacción directa con el personal que opera en las áreas a estudiar, se logró obtener una noción básica del proceso de pintado de las unidades color blanco piedra.

5.1.2 Entrevistas con el personal calificado, revisión bibliográfica de los manuales de seguridad y procedimientos de la empresa logrando la identificación del proceso.

Mediante la revisión bibliográfica realizada se logró adquirir una noción básica de los pasos y lineamientos a seguir dentro de las áreas del departamento de pintura de DaimlerChrysler de Venezuela, lo cual permitió la capacitación en un régimen de seguridad e higiene. Con esto se garantizó que todo el personal que ingrese a planta tanto pasantes como tesistas, logren desarrollar sus actividades laborales bajo los procedimientos y normas establecidas por la empresa.

Luego se realizó una documentación acerca de los procesos que se llevan a cabo en planta (Capítulo III), específicamente el proceso de pintado automotriz para las unidades de color blanco piedra, obteniendo un conocimiento general del mismo.



Posteriormente se realizó un segundo recorrido por planta, logrando la verificación física de la información documentada, así como también condiciones de operación y materias primas involucradas en los procesos principales.

El diagnóstico del proceso de pintado automotriz para las unidades de color blanco piedra se logro realizando entrevistas al azar al personal técnico especializado en las áreas de sala de mezcla, cabina de color y retoque, para esto se interrogo a cada uno de los técnicos de dichas áreas encuestados bajo la encuesta # A.1 que se muestra en el anexo A. Con lo cual se logro una mayor comprensión del proceso, permitiendo conocer: las distintas etapas del mismo, condiciones de operación, equipos y materias primas involucradas, así como la incidencia que tiene el operario dentro del proceso.

El diagrama de pareto presentado en la Figura 5.1 muestra los resultados de dicha encuesta, arrojando que las materias primas y el desempeño del operario son unos de los factores con mayor influencia en le proceso.

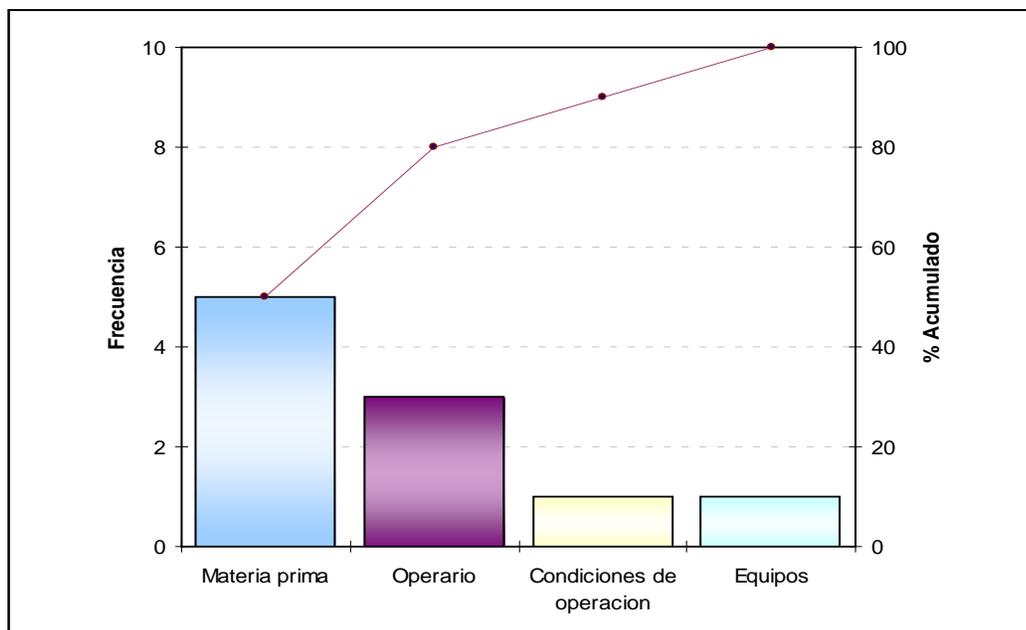


Figura 5.1 Diagrama de pareto de los factores de mayor influencia en el proceso de pintado para las unidades de color blanco piedra.



Como se observa en el diagrama, se obtuvo que el 50% de influencia en el proceso de pintado para las unidades de color blanco piedra se debe a la materia prima o productos terminados y un 30% se debe a la incidencia del operario específicamente en la aplicación de los productos terminados, y un 10% correspondiente a las condiciones de operación y equipos, por lo que no se consideran relevantes mientras que las mismas se mantengan controladas y dentro del rango de especificaciones del departamento de pintura de DaimlerChrysler de Venezuela.

5.1.3. Caracterización general del proceso y del producto final.

La caracterización del proceso de pintado automotriz para las unidades de color blanco piedra se logró una vez realizadas las entrevistas al personal especializado y la recopilación de la información necesaria, con lo que se logró realizar el diagnóstico total del proceso como se muestra a continuación.

El proceso de pintado automotriz se inicia con un proceso de pretratamiento metálico o fosfatizado, el cual es estrictamente necesario para asegurar la limpieza del sustrato y proporcionar anclaje al sistema, protegiendo a la pieza contra la corrosión y en consecuencia aumenta las propiedades de adhesión de la pintura. (Capítulo III. Sección 3.1).

A continuación se aplica a la unidad una capa de e-coat, para ello se utiliza un proceso de electrodeposición, debido a que es la mejor forma de asegurar que toda la carrocería del automóvil tanto la parte externa como interna este totalmente protegida de la corrosión.

La siguiente fase es la aplicación de un fondo el cual es de color gris claro, sin tomar en cuenta el color de la base de pintura que posteriormente se aplique sobre dicha unidad. Seguidamente la pieza es horneada para lograr el endurecimiento de la película de fondo, observándose notablemente la coloración del sustrato (gris claro).



Luego pasa a una etapa de inspección (cabina de lijado) donde si esta presenta imperfecciones de nivel o una elevada rugosidad se procede al lijado de la misma con movimientos circulares proporcionando nivelación; esta etapa es de suma importancia ya que el sustrato debe estar completamente libre de cualquier irregularidad o lijado excesivo para no afectar la adhesión y apariencia de la película aplicada. Posteriormente se realiza una etapa de limpieza y soplado, la cual se basa en la aplicación de alcohol isopropílico con una toalla especial para eliminar restos de la etapa anterior.

Seguidamente se procede a la aplicación de la base de color blanco piedra sobre el sustrato de color gris claro, y posteriormente la película de transparente. Finalmente se hornea la unidad por un tiempo aproximado de 45 min, pasando por hornos que se encuentran en temperaturas de 530°C (zona de radiación), 300°C (zona de conducción) y 380°C (zona de conducción).

Una vez horneada la unidad esta se deja enfriar hasta una temperatura ambiente para proceder a su evaluación mediante la medición de espesor de base color, los valores de autospect y la inspección visual de la superficie aplicada, con el fin de descartar los distintos defectos que puede presentar una película de pintura: mala apariencia, solvente atrapado, escurrido y fallo de color.

Estudios previamente realizados por personal calificado de la empresa Dupont Performance Coatings Venezuela C.A., definieron el uso de los fondos value shade (VS); correspondientes a una gama de 7 colores que varían entre blanco y gris oscuro según el tipo de base color a aplicar; en el caso de que se trate de una base color clara (blanco piedra) el fondo a utilizar debe ser de color blanco (VS1), por el contrario si la pintura es de color oscura es recomendable utilizar un fondo de color gris oscuro (VS7), mientras que las bases de colores metalizados claras, como plateados grises, beige y otros le corresponde un fondo de color gris claro (VS4). Favoreciendo así el tono final de la unidad.



El pintar las unidades de color blanco piedra sobre un fondo gris claro (VS4), no favorece el tono final del sustrato; ocasionando la mala apariencia de la unidad al final del proceso, presentando altos espesores y por ende bajos valores de autospect. Dependiendo del color de la base que se aplique, la función principal de los fondos (value shade) es favorecer el tono final del sustrato pintado. Con este estudio se finalizó la caracterización del proceso de pintado automotriz para las unidades de color blanco piedra.

5.2 DIAGNÓSTICO DEL PROCESO ACTUAL DE LA APLICACIÓN DE PINTURA AUTOMOTRIZ PARA LAS UNIDADES BLANCO PIEDRA MEDIANTE LA INSPECCION DIRECTA.

5.2.1. Identificación de los factores que afectan la calidad de las unidades.

Para la realización de la revisión de los problemas mas comunes que presentan las unidades de color blanco piedra una vez pintadas, se realizaron entrevistas al personal del área de retoque; según el formato de encuesta # A.2 (Apéndice A), dicha entrevista permitió definir cada unos de los problemas, sus causas principales, así como lo que se presentan comúnmente en el proceso de pintado para las unidades. (Apéndice C. Tabla C.8).

Se realizan entrevistas a los inspectores y operarios en el área, logrando constatar con evidencia física los problemas que presentan las unidades de color blanco piedra, donde se observaron unidades con mala apariencia, con presencia de escurrido en zonas externas y fallos de color interno. Se verificó que si las unidades salen con algunos de estos defectos al finalizar el proceso, estas se reparan allí mismo en la línea, resultando esto para el proceso pérdida de tiempo y dinero, debido a que se gasta materia prima extra.

El diagrama de pareto presentado en la Figura 5.2, muestra los resultados de las encuestas realizadas; donde se obtuvo que la mala apariencia, la baja distinción y la



presencia de escurrido de base color, son los problemas mas comunes en el proceso de pintado automotriz para las unidades de color blanco piedra, y se verificó que la opinión del personal encuestado coincidiera con lo anteriormente estudiado.

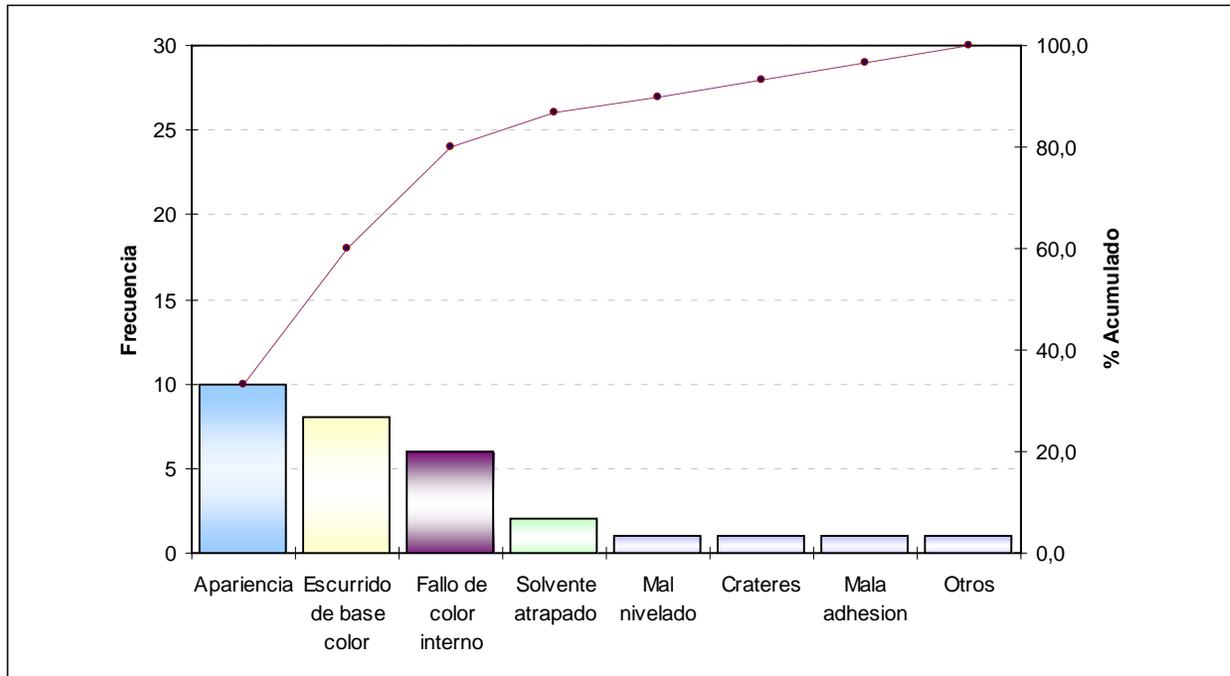


Figura 5.2 Diagrama de Pareto de los defectos mas comunes que presentan las unidades de color blanco piedra al finalizar el proceso de pintado automotriz.

Como se observa en el diagrama, se obtuvo que el 33,33% de los problemas presentados en las unidades blanco piedra pintadas se deben a la apariencia y un 26,70% se debe al escurrido de base, y un 20,00% le corresponde al fallo de color interno, mientras que el resto de los defectos no se consideran relevantes en el proceso.

5.2.2. Construcción del diagrama causa-efecto general.

Para determinar las posibles causas que afectan el proceso se realizó una tormenta de ideas tomando en cuenta las condiciones de operación y la materia prima involucrada en el mismo, mediante entrevistas realizadas al personal calificado en el área y una revisión bibliográfica de las principales causas y factores que influyen en el



proceso de pintado automotriz de las unidades de color blanco piedra. Posteriormente se clasificó la información recolectada bajo la estructura 6M: método, medición, mano de obra, medio ambiente, maquinaria y materia prima. Con lo cual se logró la construcción del diagrama de Ishikawa que se muestra a continuación en la Figura 5.3.

Luego se procedió a seleccionar del diagrama, aquellas variables que sean manipulables y que las mismas a su vez incidiesen notablemente en la apariencia de las unidades de color blanco piedra; dicha selección se realizó en base al criterio de los inspectores de calidad de las áreas de retoque, sala de mezcla y cabina de color.

Seguidamente con dicha información recolectada se procedió a la realización de un segundo diagrama de Ishikawa mas simplificado mostrado en la Figura 5.4, en donde se plasman las variables mas relevantes que pueden estar ocasionando la mala apariencia presentada en las unidades de color blanco piedra, siendo estas las que sirven de base para la realización de la matriz causa-efecto y por medio de esta lograr obtener las variables mas significativas que perturban la calidad final de las unidades blanco piedra en el proceso.

5.2.3. Construcción de la matriz causa-efecto.

Del diagrama mostrado en la Figura 5.3, se seleccionaron los efectos mas significativos que afectan las calidad final de las unidades blanco piedra, es decir las variables de salidas y se le asigno una ponderación específica a cada una de ellos, mediante una relación obtenida de los resultados del diagrama de pareto de la Figura 5.2, asignándole un 55,48% a la apariencia, 30,40% al escurrido, 14,12% al fallo de color interno. También se seleccionaron las variables de entrada de mayor influencia y que fuesen manipulables, debido a que existen variables de entrada que no son posibles cambiar o hacerles modificaciones, debido a las exigencias del cliente.



Causa efecto



Causa efecto



Para las variables de entrada como, temperatura de horneo, tiempo de horneo, espesor de la base color, Flash off, color de fondo, cubrimiento de la base color, modelo de la unidad y tratamiento del sustrato; seleccionadas del diagrama de Ishikawa simplificado. Según la opinión de los inspectores de calidad y las entrevistas realizadas al personal, se estableció una ponderación para cada una de las variables de entrada la cual posee 4 niveles diferentes; 0 si la variable no influye en el efecto, 2 si la influencia es baja, 6 si la influencia es intermedia y 10 si es altamente influyente, ya asignados los valores, se procedió a la construcción de la matriz de ponderación que se muestra en la Tabla 5.1.

TABLA 5.1
MATRIZ CAUSA-EFECTO DEL PROCESO DE PINTADO AUTOMOTRIZ PARA
LAS UNIDADES DE COLOR BLANCO PIEDRA

VARIABLES	APARIENCIA	ESCURRIDO	FALLO COLOR	
FACTOR DE PONDERACION %	55,48	30,40	14,12	100
VARIABLES DE SALIDA				
VARIABLES DE ENTRADA	Apariencia	Escurrido	Fallo de Color	Total
Temperatura de Horneo	2	0	2	139,20
Tiempo de Horneo	2	0	2	139,20
Espesor de la Base Color	10	6	0	737,20
Cubrimiento de la Base Color	0	6	0	182,40
Flash Off	6	0	0	332,88
Tratamiento del Sustrato	6	0	0	332,88
Color de Fondo	10	6	10	878,40
Modelo de la Unidad	2	6	10	434,56
Total	2108,24	729,60	338,88	



La matriz causa-efecto proporciona los problemas de mayor importancia involucrados en el proceso, así como también las variables que afectan con mayor incidencia al mismo.

Como se puede observar la apariencia es el efecto de mayor importancia obteniéndose un valor de 2.108,24, seguido del escurrido de base color con un valor de 729,60, y un 338,88 para el fallo de color interno según el modelo de la unidad.

También se puede observar que las variables de entrada de mayor influencia en estos efectos son: el color de fondo el cual arrojó un valor de 878,40 obteniendo la mayor puntuación; debido a que este color de fondo (gris claro) no es el adecuado para la base de color en estudio (blanco piedra), por lo tanto el color del fondo no favorece el tono final del sustrato pintado.

El espesor de la base color obtuvo un valor de 737,20; el color de fondo es determinante para que la capa siguiente de base alcance un tono adecuado a menores espesores de base, a medida que el espesor de base color aumenta el nivelado de la superficie desmejora disminuyendo la distinción de imagen.

El modelo de la unidad con un valor de 434,56; el tamaño y la forma de la pieza ocasionan dificultades al operario para pintar uniformemente la superficie, permitiendo aplicar menos o mas base de color en las zonas de difícil acceso, dificultando pintar las zonas internas de la unidad ocasionando fallos de color.

De esta manera se seleccionaron los efectos más influyentes en el proceso, así como las variables de entrada con mayor incidencia, seleccionando la mala apariencia de las unidades como el efecto principal y como variables de entrada el espesor de la base color y el color del fondo, estas variables se estudiaron por separado para cada modelo de unidad.



TABLA 5.2
VARIABLES INVOLUCRADAS EN EL PROCESO DE PINTADO ATOMOTRIZ
DE LAS UNIDADES COLOR BLANCO PIEDRA.

Variables de Entrada	Variables de Salida
Color de Fondo	Apariencia
Espesor de Base Color	Ecurrido
Modelo de la Unidad	Fallo de Color

5.2.4. Especificación de los rangos de operación para las variables de entrada a manipular.

Para establecer los rangos de las variables de entrada, se recopiló la información de las especificaciones de dichas variables de los manuales de operación y especificaciones del Departamento de pintura de DaimlerChrysler.

TABLA 5.3
RANGOS DE LAS VARIABLES DE ENTRADA DEL PROCESO DE PINTADO
AUTOMOTRIZ PARA LAS UNIDADES BLANCO PIEDRA.

Variables de Entrada	Rango de Operación
Color de Fondo	(Blanco, Gris claro)
Espesor de Base Color	(0,8 – 1,2)
Modelo de la Unidad	(Caliber, Cherokee, Grand Cherokee)



5.3 GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS QUE PERMITAN MEJORAR LA APARIENCIA ACTUAL DE LAS UNIDADES BLANCO PIEDRA.

5.3.1. Revisión y selección de la metodología experimental a emplear.

Se trabajó con la metodología factorial ya que permitió determinar el número de ensayos a realizar durante la etapa experimental. El número de variables de entrada involucradas en la realización del diseño de experimento fue de dos (espesor de base, color de fondo); con dos niveles cada una. Para la determinación del arreglo ortogonal se trabajó con la metodología factorial diseñada. Obteniendo así el número de ensayos realizados, se definió un número de replicas de 3 debido a que estadísticamente me arroja buenos resultados; se obtuvo un arreglo ortogonal del tipo L_{12} por lo tanto se obtuvieron 12 experimentos para este diseño. Como se muestra en la Tabla 5.4.

TABLA 5.4
ARREGLO ORTOGONAL DISEÑADO PARA LA FASE EXPERIMENTAL DE LA INVESTIGACIÓN

Unidad	Ruta	Espesor de base Color (BC \pm 0,01) mils	Color de Fondo
A	1	0,8	Blanco
B	2	1,2	Blanco
C	3	0,8	Blanco
D	4	0,8	Gris Claro
E	5	0,8	Gris Claro
F	6	0,8	Blanco
G	7	1,2	Gris Claro
H	8	0,8	Gris Claro
I	9	1,2	Gris Claro
J	10	1,2	Blanco
K	11	1,2	Blanco
L	12	1,2	Gris Claro



La selección de un diseño tipo factorial se debe a que el mismo está orientado principalmente cuando el número de factores a estudiar está entre dos y cinco ($2 < K < 5$), rango en el cual su tamaño se encuentra entre 4 y 32 tratamientos o experimentos, cantidad manejable en muchas situaciones experimentales, los factoriales en dos niveles constituyen el conjunto de diseño de mayor impacto en las aplicaciones.

Se eligió un diseño con 3 réplicas debido a que este proporciona un arreglo ortogonal con todas las posibles combinaciones de los niveles de los factores, también tomando en cuenta que el factor tiempo fue determinante a la hora de la realización de los experimentos para lograr agrupar las unidades a evaluar.

Se realizó un arreglo para cada modelo de unidad: Caliber, Cherokee y Grand Cherokee, en total se efectuarán 36 pruebas experimentales; 18 con el fondo gris claro para verificar el estado actual de las variables y 18 con el fondo blanco para estudiar los efectos de mejora bajo la nueva propuesta.

Por el contrario el resto de las variables se mantienen constantes y controladas según las especificaciones, como lo son: el espesor de fondo, el espesor de transparente, el cubrimiento de la base color, la viscosidad de la base color, el tiempo de oreo, la temperatura y humedad relativa de cabina, las temperaturas y los tiempos de horneado.

El software Minitab arrojó todas las posibles combinaciones de las variables de entrada que permitieron cuantificar las variables de salida (espesor de base, apariencia); siendo la de mayor interés, la apariencia final de las unidades blanco piedra, cuantificable por el valor de Autospect. Así se logró cumplir de una manera práctica la metodología arrojada por el diseño de experimentos tipo factorial de la Tabla 5.4.



Para la determinación de cómo afectan las variables de entrada en el proceso de pintado automotriz para las unidades de color blanco, se usó el factor de Fisher (F) reseñado en la Tabla D.1 de el apéndice D y para un $\alpha = 0,05$ y con grados de libertad respectivos para cada variable entre 1 y 4 $F_{0,05} = 7,71$, y al compararlo con el F arrojado por el análisis estadístico se encontró que para las interacciones $F = 4,78$, por consiguiente, $F_{Minitab} < F_{Tabla}$ lo que indica que la diferencia entre las medias y los niveles bajo estudio no es significativa; esto se puede ver en la Tabla 5.5.

Del mismo modo se puede observar el efecto que tiene el color de fondo para el proceso, debido a que $F_{Minitab} > F_{Tabla}$ esto muestra que la variable es significativa, a diferencia del espesor de base color, donde $F_{Minitab} < F_{Tabla}$ donde la variable no es significativa, lo que demuestra los resultados obtenidos; indicando así que la variable mas influyente en el proceso es color de fondo.

TABLA 5.5
RESULTADO DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO APLICADO A LOS VALORES DEL $F_{0,05}$
RENDIMIENTO DEL PROCESO DE EVALUACIÓN DE UN FONDO BLANCO

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de los cuadrados	Cuadrados medios	$F_{0,05}$
Interacciones	1	1,1038	1,1038	4,78
Efectos principales				
Color de Fondo	2	36,7554	18,3777	12,28
Espesor de Base				4,75
Error	4	0,8487	0,2122	-
Total	7			

La finalidad de realizar este diseño de experimento fue realizar un diagnóstico del proceso actual y del proceso bajo la nueva propuesta, permitiendo estudiar el comportamiento de las variables bajo las dos condiciones de pintado automotriz para



las unidades de color blanco piedra. Ya que existen ensambladoras que utilizan el fondo Value Shade # 1 (blanco) para sus bases de color claras, mientras que DaimlerChrysler utiliza el fondo ValueShade # 4 (gris claro). Las Tablas 5.6, 5.7 y 5.8 muestran los valores arrojados en los experimentos con el fin de observar el comportamiento del autospect y espesores de base según el color de fondo aplicado para las diferentes unidades Caliber, Cherokee y Grand Cherokee.

TABLA 5.6
VALORES DE AUTOSPECT BAJO EL ESTADO ACTUAL Y PROPUESTO DE LAS UNIDADES CALIBER COLOR BLANCO PIEDRA

Unidad	Ruta	Espesor de base Color (BC ± 0,01) mils	Color de Fondo	Autospect (A ± 5) adim
A	1	0,8	Blanco	74,43
B	2	1,2	Blanco	78,56
C	3	0,8	Blanco	73,44
D	4	0,8	Gris Claro	65,93
E	5	0,8	Gris Claro	68,05
F	6	0,8	Blanco	72,84
G	7	1,2	Gris Claro	66,72
H	8	0,8	Gris Claro	66,08
I	9	1,2	Gris Claro	66,70
J	10	1,2	Blanco	75,84
K	11	1,2	Blanco	76,81
L	12	1,2	Gris Claro	65,83

Temperatura ambiente (23,5 ± 0,1)°C

Presión Ambiente (754,20 ± 2)mmHg



TABLA 5.7
VALORES DE AUTOSPECT BAJO EL ESTADO ACTUAL Y PROPUESTO DE LAS UNIDADES CHEROKEE COLOR BLANCO PIEDRA

Unidad	Ruta	Espesor de base Color (BC ± 0,01) mils	Color de Fondo	Autospect (A ± 5) adim
A	1	0,8	Blanco	77,93
B	2	1,2	Blanco	74,39
C	3	0,8	Blanco	75,31
D	4	0,8	Gris Claro	65,79
E	5	0,8	Gris Claro	65,08
F	6	0,8	Blanco	73,22
G	7	1,2	Gris Claro	64,84
H	8	0,8	Gris Claro	64,51
I	9	1,2	Gris Claro	65,95
J	10	1,2	Blanco	75,24
K	11	1,2	Blanco	73,48
L	12	1,2	Gris Claro	64,98

Temperatura ambiente (23,5 ± 0,1)°C

Presión Ambiente (754,20 ± 2)mmHg



TABLA 5.8
VALORES DE AUTOSPECT BAJO EL ESTADO ACTUAL Y PROPUESTO DE LAS
UNIDADES GRAND CHEROKEE COLOR BLANCO PIEDRA

Unidad	Ruta	Espesor de base Color (BC ± 0,01) mils	Color de Fondo	Autospect (A ± 5) adim
A	1	0,8	Blanco	75,28
B	2	1,2	Blanco	77,88
C	3	0,8	Blanco	73,59
D	4	0,8	Gris Claro	66,3
E	5	0,8	Gris Claro	65,96
F	6	0,8	Blanco	75,26
G	7	1,2	Gris Claro	65,82
H	8	0,8	Gris Claro	66,37
I	9	1,2	Gris Claro	66,04
J	10	1,2	Blanco	73,88
K	11	1,2	Blanco	73,12
L	12	1,2	Gris Claro	65,81

Temperatura ambiente (23,5 ± 0,1)°C

Presión Ambiente (754,20 ± 2)mmHg



Al analizar los resultados obtenidos en las Tablas 5.6, 5.7, 5.8 para cada modelo de unidad se puede apreciar que el valor de autospect en las pruebas donde se aplicó el fondo de color gris claro se encuentra por debajo del valor medio nominal especificado (70 adim).

Mientras que en las pruebas donde se trabajo con el fondo de color blanco, los valores de autospect aumentan considerablemente por encima del valor medio nominal, es decir que el color del fondo favorece el tono final de la base color y por lo tanto mejora la apariencia de la unidad.

Además se observó que los espesores de base en las pruebas con fondo gris claro se mantuvieron constantes pero se encuentran por encima del rango de especificación, ver los datos reportados en las Tablas C.1, C.2 y C.3 del Apéndice C. Aumentan debido a que se necesita mayor cantidad de pases para llegar al tono final de la base, en consecuencia el espesor aumenta y la superficie tiende a desnivelarse o escurrir, ocasionando aumento de la piel de naranja, baja distinción y bajo brillo de la unidad, desmejorando la apariencia.

En las pruebas donde se trabajo con fondo blanco el espesor de base disminuyo situándose dentro del rango de especificación, ver los datos reportados en las Tablas C.4, C.5 y C.6, favoreciendo el aumento del autospect, lo que corrobora que el color del fondo favorece el tono final de la base color, por lo tanto no se necesita aplicar excesivas cantidades de capas para obtener el tono adecuado, por ende el espesor de base es menor y la superficie se hace mas lisa aumentando la distinción de imagen, brillo y disminuyendo la piel de naranja.

Según Morillo, M. y De la Fuente, D. (2002). **Pinturas ecológicas para la Industria Automotriz**; la mejora de la apariencia de la unidad depende de un buen nivelado de la superficie para las capas provenientes de pintura, mejorando los parámetros de calidad como lo son específicamente la distinción de imagen y la piel de naranja.



5.4. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS A FIN DE VALIDAR EL MEJORAMIENTO DE LAS UNIDADES BLANCO PIEDRA.

En base a los datos recolectados se procedió evaluar los resultados de autospect de las unidades en estudio, es importante resaltar que la apariencia es proporcional al valor de autospect, mientras mejor sea la apariencia mayor serán los valores de autospect. El valor nominal de autospect para las unidades blanco piedra según exigencias de la empresa esta comprendido entre un rango de (60 – 80) adim.

Posteriormente se procedió al cálculo de la media y desviación estándar de los valores de autospect para cada grupo de experimento por color de fondo (Ver Tabla 5.9), con el fin de calcular la capacidad del proceso y determinar si el proceso bajo la condición de mejora, tomando en cuenta las variaciones necesarias, es capaz de satisfacer las especificaciones establecidas por la empresa.

TABLA 5.9
MEDIA DESVIACION ESTANDAR Y CAPACIDAD DEL PROCESO BAJO EL ESTADO ACTUAL Y ESTADO DE MEJORA.

Color de Fondo	Media ($m \pm 0,01$)adim	Desviación Estándar ($d \pm 0,01$) adim	Capacidad del proceso ($C_p \pm 0,01$) adim	Rango de Autospect ($A \pm 5$) adim
Gris Claro	65,93	0,56	0,13	65 - 67
Blanco	75,03	2,00	1,63	73 - 77

Analizando los datos de la tabla anterior se obtuvo un 28% de mejora de autospect bajo la condición propuesta, se observó que para el proceso con fondo gris claro el valor de $C_p < 1$, lo que nos indica que la variación del proceso es mayor a las especificaciones de los límites de control, por lo tanto no satisface los requerimientos de especificación, mientras que para el proceso con fondo blanco el valor de $C_p > 1$,



indicándonos que la variación de dicho proceso es inferior a las especificaciones de los límites de control, satisfaciendo así los requerimientos de la especificación.

De la información anterior se puede decir que el fondo blanco posee una mayor capacidad de proceso en comparación al fondo gris claro. Una vez que se verificaron los resultados y comprobado la capacidad del proceso bajo la nueva propuesta, se realizó la elección de las mejores condiciones de operación para las unidades de color blanco piedra. Como se muestra en la Tabla 5.10.

TABLA 5.10
MEJOR CONDICION DE OPERACIÓN PARA LAS UNIDADES BLANCO PIEDRA
EMPLEANDO LA NUEVA PROPUESTA.

Tipo de Base Color	Color de Fondo	Autospect (A ± 5) adim
Blanco Piedra	Blanco	73 - 77

5.5. EVALUACION DE LA RELACION COSTO-BENEFICIO DE LA NUEVA PROPUESTA.

Para la realización del análisis económico de la nueva propuesta se determinó experimentalmente el consumo de cada uno de los productos terminados involucrados en el proceso actual por metro cuadrado de superficie, de igual forma se realizó para la nueva propuesta; con el fin de obtener la cantidad de materia prima que se gasta en ambos procesos para pintar las unidades Caliber, Cherokee y Grand Cherokee. Se logró contabilizar el volumen consumido de cada una de las materias primas empleadas para aplicar una superficie de 10,83 m² para el modelo Caliber, 11,03 m² para el modelo Cherokee y 11,65 m² para el modelo Grand Cherokee (Sección B.3 del



apéndice B). Posteriormente se procedió al cálculo del consumo por metro cuadrado de superficie para ambos procesos.

TABLA 5.11
CONSUMO DE MATERIAS PRIMAS POR m² DE SUPERFICIE DEL PROCESO
ACTUAL DE PINTADO AUTOMOTRIZ PARA LAS UNIDADES
CALIBER, CHEROKEE Y GRAND CHEROKEE.

Modelo de Unidad	Materias primas	Consumo (BC ± 0,0002) gal/m ²	Consumo (BC ± 0,0002) gal/m ²
Caliber	Fondo	0,0969	0,3134
	Base	0,2165	
Cherokee	Fondo	0,0987	0,3193
	Base	0,2205	
Grand Cherokee	Fondo	0,1043	0,3373
	Base	0,2330	
TOTAL			0,9704

TABLA 5.12
CONSUMO DE MATERIAS PRIMAS POR m² DE SUPERFICIE DEL PROCESO DE
PINTADO AUTOMOTRIZ PARA LAS UNIDADES CALIBER, CHEROKEE Y
GRAND CHEROKEE UTILIZANDO LA NUEVA PROPUESTA.

Modelo de Unidad	Materias primas	Consumo (BC ± 0,0002) gal/m ²	Consumo (BC ± 0,0002) gal/m ²
Caliber	Fondo Gris Claro	0,1024	0,2919
	Base Color Blanco Piedra	0,1895	
Cherokee	Fondo Gris Claro	0,1043	0,2973
	Base Color Blanco Piedra	0,1930	
Grand Cherokee	Fondo Gris Claro	0,1102	0,3141
	Base Color Blanco Piedra	0,2039	
TOTAL			0,9033



Como se observa en las Tablas 5.11 y 5.12 el consumo en volumen de materia prima disminuye si se utiliza la nueva propuesta en un porcentaje de 7% en volumen, Por tanto existe un ahorro en el consumo de las materias primas y además se aumenta en gran magnitud la apariencia de las unidades de color blanco piedra.

Seguidamente se procedió al cálculo de costos de las materias primas empleadas en el proceso actual y de la nueva propuesta, para esto se establecieron los costos de producción de cada uno de los productos terminados involucrados en el proceso, lo cual permitió obtener un costo total por metro cuadrado de superficie pintada como se muestra en las Tablas 5.13 y 5.14.

TABLA 5.13
COSTOS DE MATERIAS PRIMAS POR m² DE SUPERFICIE DEL PROCESO
ACTUAL DE PINTADO AUTOMOTRIZ PARA LAS UNIDADES
CALIBER, CHEROKEE Y GRAND CHEROKEE.

Modelo	Materias primas	Costo de materia prima (Cmp ± 0,01) \$/gal	Costo por superficie (Cs ± 0,01) \$/ m²	Costo por superficie (Cs ± 0,01) BsF/ m²	Costo por Unidad (Cs ± 0,01) BsF/ m²
Caliber	Fondo	79,17	7,67	16,49	54,50
	Base	81,65	17,68	38,01	
Cherokee	Fondo	79,17	7,81	16,80	55,51
	Base	81,65	18,00	38,71	
Grand Cheroкке	Fondo	79,17	8,26	17,75	58,66
	Base	81,65	19,02	40,90	
TOTAL					168,67



TABLA 5.14
COSTOS DE MATERIAS PRIMAS POR m² DE SUPERFICIE DEL PROCESO DE PINTADO AUTOMOTRIZ PARA LAS UNIDADES CALIBER, CHEROKEE Y GRAND CHEROKEE UTILIZANDO LA NUEVA PROPUESTA.

Modelo	Materias primas	Costo de materia prima (Cmp ± 0,01) \$/gal	Costo por superficie (Cs ± 0,01) \$/ m ²	Costo por superficie (Cs ± 0,01) BsF/ m ²	Costo por Unidad (Cs ± 0,01) BsF/ m ²
Caliber	Fondo	76,52	7,84	16,85	50,11
	Base	81,65	15,47	33,27	
Cherokee	Fondo	76,52	7,98	17,16	51,04
	Base	81,65	15,76	33,88	
Grand Cherokee	Fondo	76,52	8,43	18,13	53,92
	Base	81,65	16,65	35,79	
TOTAL					155,07

Al comparar los valores reportados en las tablas anteriores, se observa que el consumo de la base color disminuye bajo las condiciones de la nueva propuesta y que el costo del fondo usado actualmente es mayor al de la nueva propuesta. Lográndose obtener un porcentaje de ahorro con la nueva tecnología. Como se muestra en la Tabla 5.15.

TABLA 5.15
PORCENTAJE DE AHORRO EN EL PROCESO DE PINTADO AUTOMOTRIZ PARA LAS UNIDADES CALIBER, CHEROKEE Y GRAND CHEROKEE UTILIZANDO LA NUEVA PROPUESTA.

Modelo	Costo actual (Ca ± 0,01) BsF/ m ²	Costo de la Nueva propuesta BsF/ m ²	Porcentaje de ahorro (%Ah ±1)%
Caliber	54,50	50,11	8
Cherokee	55,51	51,04	8
Grand Cherokee	58,66	53,92	9



Analizando los resultados de la tabla anterior se pudo verificar y concluir que la aplicación de la nueva propuesta es factible, debido a que se ahorraría un 8% tanto para el modelo Caliber como para el modelo Cherokee y un 9% para el modelo Grand Cherokee en cuanto al costo de producción, generando una ganancia económica extra; y proporcionando también un proceso de mejor calidad para la empresa, aumentando la capacidad del proceso y haciéndolo mayormente eficaz ya que logra mejorar la calidad final de las unidades de color blanco piedra.

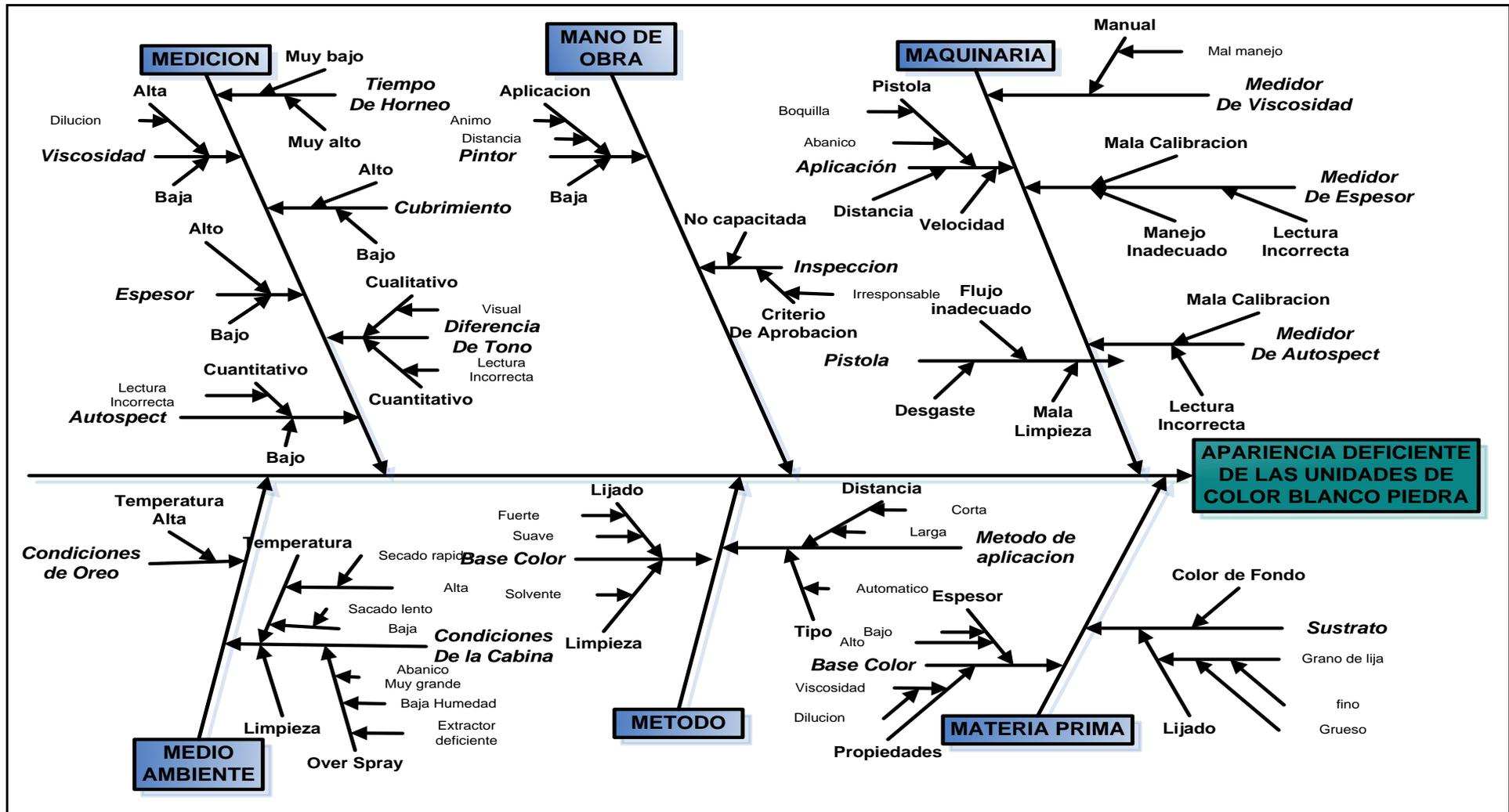


Figura 5.3. Diagrama de Ishikawa de la apariencia deficiente de las unidades de color blanco piedra.

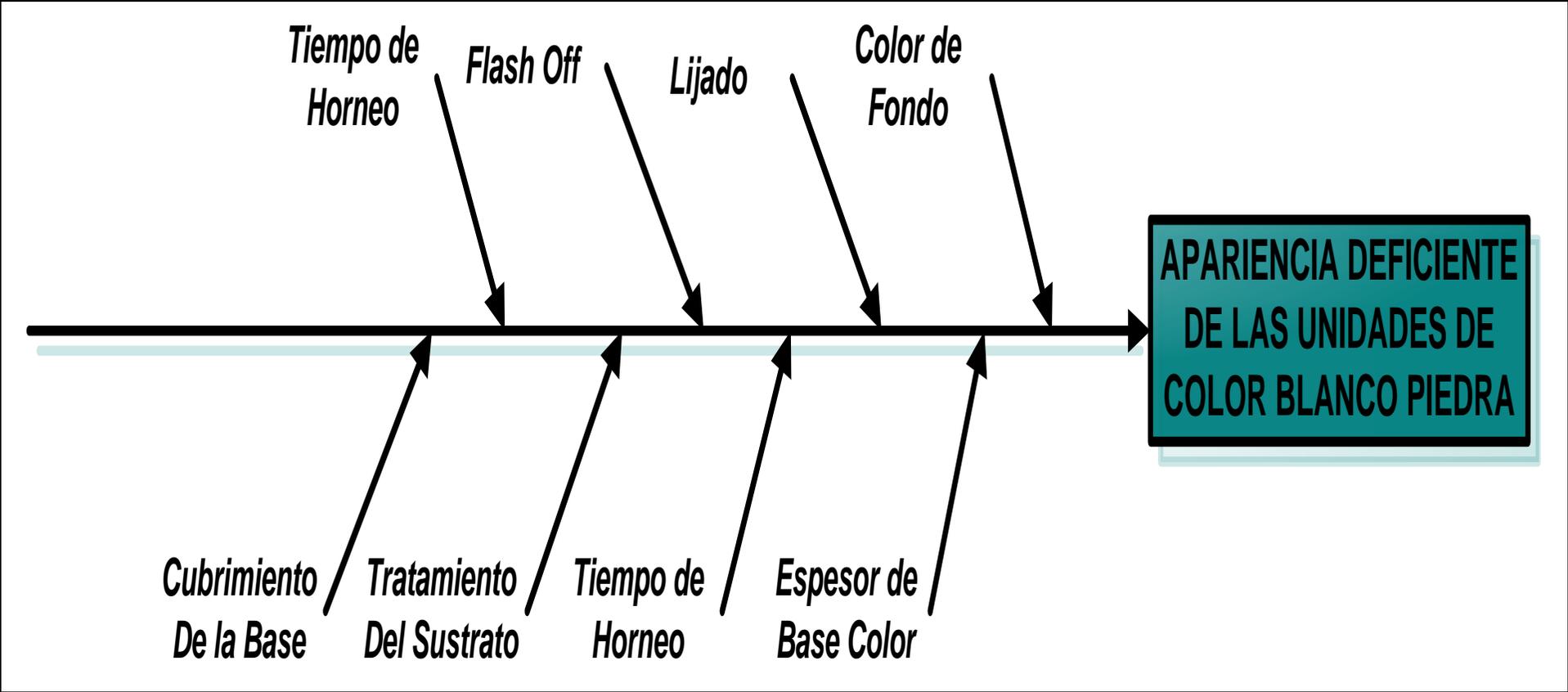


Figura 5.4. Diagrama de Ishikawa de las variables mas relevantes que ocasionan la apariencia deficiente en las unidades de color blanco piedra.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación se presentan las conclusiones obtenidas del desarrollo del presente estudio, así como las recomendaciones que deberán seguirse para su implementación u otro algún estudio posterior que se quiera realizar.

CONCLUSIONES

1. Los factores con mayor influencia en el proceso de pintado automotriz para las unidades de color blanco piedra son los productos terminados y el operario, con un 50% y 30% de incidencia respectivamente.
2. Los defectos mas comunes que presentan las unidades de color blanco piedra al final del proceso de pintado son la apariencia con un 33,33%, un 26,70 para el escurrido de base color y un 20% al fallo de color interno.
3. El uso de un fondo blanco mejora la apariencia de dichas unidades, eliminando los fallos de color internos en un 100%.
4. El rango de autospect bajo la situación actual fue de (65 – 67) adim.
5. El nuevo rango de especificación para los valores de autospect bajo la nueva propuesta fue de (73 – 77) adim.
6. El valor de autospect aumento en un 28% si se usa la nueva propuesta.
7. El consumo de los productos terminados por superficie para el proceso actual fue de 0,3134 gal/m² , 0,3193 gal/m² y 0,3373 gal/m² para las unidades Caliber, Cherokee y Grand Cherokee respectivamente.



8. El consumo de los productos terminados por superficie para el proceso bajo la nueva propuesta fue de 0,2919 gal/m² , 0,2973 gal/m² y 0,3141 gal/m² para las unidades Caliber, Cherokee y Grand Cherokee respectivamente.

9. El ahorro en costo de producción si se utiliza la nueva propuesta es del 8% tanto para las unidades Caliber y Cherokee y del 9% para las unidades Grand Cherokee.



RECOMENDACIONES

1. Implementar los cambios de aplicación del color de fondo propuesto en esta investigación, con la finalidad de mejorar el desempeño del proceso de pintado automotriz y la apariencia final de las unidades de color blanco piedra, de lo contrario se seguirán obteniendo desmejoras en las unidades blanco piedra.
2. Evaluar los fondos Value Shade #4 y #7 en los colores de base restantes utilizados en el departamento de pintura.
3. Realizar mantenimiento y calibración periódica de los equipos involucrados en el proceso de pintado automotriz, con el fin de evitar desmejoras del proceso que afecten la apariencia final de las unidades.



REFERENCIAS

1. Larios, A. y Rodríguez, M. (2006). **Propuesta técnico-económica para el mejoramiento de la producción de agua desmineralizada en el área de Pintura de DaimlerChrysler de Venezuela C. A.** Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química. Venezuela.
2. Áñez, S. (2005). **Evaluación del proceso de matrices empleadas para la fabricación de correas automotrices tipo Poly – V en Cofbel Corporation.** Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química. Venezuela.
3. Silva, M. (2004). **Evaluación del túnel de pretratamiento metálico del Departamento de DaimlerChrysler de Venezuela.** Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química. Venezuela.
4. Bencomo, H. y Bolívar, G. (2004). **Mejoramiento del proceso de pintado en la empresa General Motors Venezolana – Carabobo.** Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química. Venezuela.
5. Morillo, M. y De la Fuente, D. (2002). **Pinturas ecológicas para la Industria Automotriz;** Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas (CENIM). Madrid. España.
6. Castillo, I., Pinto, H. (2000). **Mejoras en una empresa de pinturas automotrices para el aumento de los rendimientos en los productos de reacabado automotriz.** Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Industrial. Venezuela.



7. Gutierrez H y De la Vara Salazar R. (2004). **Control Estadístico de calidad Y seis sigma**. (1ª ed). Editorial: McGraw-hill Interamericana. México.

8. Moore, Dill., McCabes, G. (2003). **MINITAB Manual; Introducción a las prácticas estadísticas**. (versión español). Minitab Inc. Universidad de Toronto.

9. Torrealba Pedro. (2000) **Material de inducción general: Procedimientos en el área de pintura**. DaimlerChrysler de Venezuela C.A. Valencia. Venezuela.



APÉNDICE A: ENCUESTAS

A continuación se presenta un formato de cada una de las encuestas aplicadas al personal que labora en la empresa durante la realización de la investigación.



Encuesta A.1

Objetivo experimental: Evaluar la propuesta de aplicación de un fondo blanco, en el área de pintura de DaimlerChrysler C. A., con la finalidad de mejorar la calidad de las unidades de color blanco piedra.

1. Defina y describa brevemente las etapas del proceso de pintado para las unidades automotrices.

2. Según su experiencia seleccione los dos principales factores que usted considere de mayor importancia en el proceso de pintado automotriz.

- a- Condiciones de Operación.
- b- Operario.
- c- Equipos.
- d- Materias primas.

Área de trabajo: _____



Encuesta A.2

1. Cual de los siguientes defectos considera usted mas comunes en la unidades pintadas de color blanco piedra al finalizar el proceso de pintado automotriz.

Defecto	Marque con X
Baja distinción de imagen	
Cráteres	
Mal nivelado	
Esgurrido	
Apariencia	
Fallo de color	
Solvente atrapado	
Mala adhesión	

2. Mencione las posibles causas de los siguientes defectos.

- Baja distinción de imagen
- Cráteres
- Mal nivelado
- Esgurrido
- Apariencia
- Fallo de color
- Solvente atrapado
- Mala adhesión



APÉNDICE B: PROCEDIMIENTOS.

En el siguiente apéndice se presentan los procedimientos empleados para llevar a cabo la experimentación.



B.1. Procedimiento para Mediciones de Autospect por medio del equipo Wave Scan Dual.

Por medio de este procedimiento se logran realizar mediciones de Autospect (Valor promedio entre: Distinción de imagen, brillo y piel de naranja presentes en la superficie de la unidad) por medio del equipo Wave Scan Dual, donde se almacena la información tomada en un software. El instrumento opera con una fuente de luz incandescente que suministra un rayo graduado a un ángulo de 20° que incide sobre la superficie de la muestra logrando captar la apariencia de la superficie en estudio. Este solo opera para superficies metálicas horizontales y verticales, para la experiencia se seleccionó el área del capot y las puertas delanteras y traseras de la unidad.

Procedimiento.

1. Se procede a verificar la calibración del equipo, en caso de no estar calibrado deben realizarse los siguientes pasos:

1.1 Presionar en el equipo la tecla CAL

2.1 Posteriormente se selecciona en la opción MOD el modelo de unidad que se desea medir y seguidamente en COLOR el color de la base color del cual viene pintada la unidad a estudiar.

2. Posteriormente se presiona la tecla OPERATE.

3. Guiado por el software del equipo solicita en pantalla las zonas a ser medidas en el siguiente orden:

- Zona 1 Horizontal: el equipo se coloca sobre la superficie del capot y se presiona la tecla READ, este paso se realiza para la zona 2, zona 3 y zona 4 de capot. Completando así las mediciones horizontales.



- Zona 5 Vertical: el equipo se coloca sobre la superficie de la puerta delantera izquierda y se presiona la tecla READ, este paso se realiza para la zona 6 (puerta izquierda trasera), zona 7 (puerta trasera derecha) y zona 8 (zona delantera derecha). Completando así las mediciones verticales.

4. Finalmente descargar en pantalla la información y anotar el valor de autospect para la unidad en estudio. **DaimlerChrysler; (2008): Disponible en: Manual de Procesos del Departamento de Pintura de DaimlerChrysler C.A.**

B.2. Procedimiento para la medición de espesores Fisherscope Multi 750C.

El objetivo de este procedimiento es la de proveer un método para medir el espesor de película sobre las unidades ya pintadas, este método se realiza a través del equipo Fisherscope Multi 750C, el cual hace uso de inducción magnética para determinar el espesor de película sobre sustratos magnéticos.

Procedimiento.

1. Primero se procede a verificar que el equipo este calibrado, en el caso de que no este calibrado se procede a realizar los siguientes pasos:
 - 1.1 Se selecciona el número de aplicación donde están almacenados los parámetros de operación.
 - 1.2 Posteriormente se chequea la confiabilidad del equipo, usando un panel sin acabado y los estándares de espesores.
 - 1.3 Si los resultados difieren en 0,1 mils o mas, se realizan nuevamente los pasos anteriores hasta lograr el rango.
2. Si los resultados obtenidos son correctos las mediciones pueden ser realizadas situando el sensor suave pero firmemente perpendicular al acabado que se esta



midiendo. Posteriormente se levanta el sensor, quedando el equipo libre para una próxima medición.

3. Realizar de 5 a 6 mediciones, los resultados son evaluados presionando la tecla IR (resultado intermedio) o FR (resultado final), y el equipo mostrara en la pantalla: promedio de espesor medido, máximo espesor medido, mínimo espesor medido, numero de mediciones realizadas, desviación estándar y coeficiente de variación. **DaimlerChrysler; (2008): Disponible en: Manual de Procesos del Departamento de Pintura de DaimlerChrysler C.A.**

B.3. Procedimiento para la obtención de materias primas consumidas.

Por medio de este procedimiento se logra obtener el consumo de materias primas empleadas (Fondo de color gris, fondo de color blanco y base de color blanco piedra) bajo la situación actual y bajo la nueva propuesta para cada modelo de unidad.

Procedimiento.

Ejemplo para el grupo de unidades #3 (Grand Cherokee, fondo gris claro).

1. Agrupar las 6 unidades a fondear y hacer un alto en la línea de producción.
2. Marcar en el medidor de nivel, la altura inicial de fondo que hay en el tanque de mezcla.
3. Arrancar la línea de producción y comenzar a fondear las 6 unidades del grupo #1.
4. Terminar de fondear las 6 unidades y seguidamente detener la línea de producción.
5. Marcar en el medidor de nivel, la altura final de fondo que quedo en el tanque de mezcla.
6. Medir la distancia entre la altura inicial y la altura final, reportarla.
7. Realizar el cálculo de volumen, utilizando la altura medida y el área circular del tanque de mezcla.



8. Dividir este valor entre el número de unidades fondeadas (en este caso 6).
9. De esta manera se obtiene el volumen de fondo consumido para la unidad Grand Cherokee.
10. Dividir el volumen de fondo entre el área de superficie de la Grand Cherokee, para obtener el volumen consumido por m^2 .
11. Proceder de igual forma para el fondo blanco y la base de color blanco piedra.
12. Realizar el mismo procedimiento para el grupo de unidades #6 (Grand Cherokee, fondo blanco). **DaimlerChrysler; (2008): Disponible en: Manual de Procesos del Departamento de Pintura de DaimlerChrysler C.A.**



APÉNDICE C: TABLAS DE DATOS

En el siguiente apéndice se aprecian todas las tablas de datos correspondientes a la investigación realizada. Se encuentran aquellas obtenidas antes y después de la evaluación y además la información recolectada durante la experimentación.



TABLA C.1
MEDICION DE ESPESORES Y AUTOSPECT BAJO LA SITUACION ACTUAL DE
LAS PRUEBAS REALIZADAS A LAS UNIDADES CALIBER
COLOR BLANCO PIEDRA.

Grupo #	Unidad	Espesor 1 (E1 ± 0,01) mils	Espesor 2 (E2 ± 0,01) mils	Espesor de base Color (BC ± 0,01) mils	Autospect (A ± 5) adim
1	1	5,06	3,75	1,31	65,93
	2	4,98	3,69	1,29	68,05
	3	4,59	3,24	1,35	66,72
	4	5,18	3,85	1,33	66,08
	5	4,79	3,53	1,26	66,7
	6	5,15	3,78	1,37	65,83

Temperatura ambiente (23,5 ± 0,1)°C

Presión Ambiente (754,20 ± 2)mmHg

TABLA C.2
MEDICION DE ESPESORES Y AUTOSPECT BAJO LA SITUACION ACTUAL DE
LAS PRUEBAS REALIZADAS A LAS UNIDADES CHEROKEE
COLOR BLANCO PIEDRA.

Grupo #	Unidad	Espesor 1 (E1 ± 0,01) mils	Espesor 2 (E2 ± 0,01) mils	Espesor de base Color (BC ± 0,01) mils	Autospect (A ± 5) adim
2	1	4,99	3,68	1,31	65,79
	2	5,08	3,72	1,36	65,08
	3	5,01	3,73	1,28	64,84
	4	5,19	3,87	1,32	64,51
	5	5,22	3,97	1,25	65,95
	6	4,84	3,51	1,33	64,98

Temperatura ambiente (23,5 ± 0,1)°C

Presión Ambiente (754,20 ± 2)mmHg



TABLA C.3
MEDICION DE ESPESORES Y AUTOSPECT BAJO LA SITUACION ACTUAL DE
LAS PRUEBAS REALIZADAS A LAS UNIDADES GRAND CHEROKEE
COLOR BLANCO PIEDRA.

Grupo #	Unidad	Espesor 1 (E1 ± 0,01) mils	Espesor 2 (E2 ± 0,01) mils	Espesor de base Color (BC ± 0,01) mils	Autospect (A ± 5) adim
3	1	5,19	3,96	1,23	66,30
	2	5,24	4,07	1,17	65,96
	3	4,91	3,57	1,34	65,82
	4	5,33	4,03	1,30	66,37
	5	5,42	4,19	1,23	66,04
	6	4,57	3,20	1,37	65,81

Temperatura ambiente (23,5 ± 0,1)°C

Presión Ambiente (754,20 ± 2)mmHg

TABLA C.4
MEDICION DE ESPESORES Y AUTOSPECT BAJO LA SITUACION PROPUESTA DE
LAS PRUEBAS REALIZADAS A LAS UNIDADES CALIBER
COLOR BLANCO PIEDRA.

Grupo #	Unidad	Espesor 1 (E1 ± 0,01) mils	Espesor 2 (E2 ± 0,01) mils	Espesor de base Color (BC ± 0,01) mils	Autospect (A ± 5) adim
4	1	4,82	3,65	1,17	74,43
	2	4,83	3,72	1,11	78,56
	3	5,07	3,88	1,19	73,44
	4	4,79	3,61	1,18	72,84
	5	4,77	3,72	1,05	75,84
	6	5,05	3,97	1,08	76,81

Temperatura ambiente (23,5 ± 0,1)°C

Presión Ambiente (754,20 ± 2)mmHg



TABLA C.5
MEDICION DE ESPEORES Y AUTOSPECT BAJO LA SITUACION PROPUESTA DE
LAS PRUEBAS REALIZADAS A LAS UNIDADES CHEROKEE
COLOR BLANCO PIEDRA.

Grupo #	Unidad	Espesor 1 (E1 ± 0,01) mils	Espesor 2 (E2 ± 0,01) mils	Espesor de base Color (BC ± 0,01) mils	Autospect (A ± 5) adim
5	1	4,82	3,74	1,08	77,93
	2	4,93	3,91	1,02	74,39
	3	5,24	4,09	1,15	75,31
	4	5,08	3,98	1,1	73,22
	5	4,99	3,82	1,17	75,24
	6	5,07	4,01	1,06	73,48

Temperatura ambiente (23,5 ± 0,1)°C

Presión Ambiente (754,20 ± 2)mmHg

TABLA C.6
MEDICION DE ESPEORES Y AUTOSPECT BAJO LA SITUACION PROPUESTA DE
LAS PRUEBAS REALIZADAS A LAS UNIDADES GRAND CHEROKEE
COLOR BLANCO PIEDRA.

Grupo #	Unidad	Espesor 1 (E1 ± 0,01) mils	Espesor 2 (E2 ± 0,01) mils	Espesor de base Color (BC ± 0,01) mils	Autospect (A ± 5) adim
6	1	5,02	3,83	1,19	75,28
	2	5,02	3,95	1,07	77,88
	3	5,1	4,08	1,02	73,59
	4	5,37	4,21	1,16	75,26
	5	5,23	4,11	1,12	73,88
	6	5,97	4,78	1,19	73,12

Temperatura ambiente (23,5 ± 0,1)°C

Presión Ambiente (754,20 ± 2)mmHg



TABLA C.7
RESULTADOS DE LA ENCUESTA # 1.

Factor Influencia	Numero de encuestados de acuerdo
Materia Prima	5
Operario	3
Condiciones de Operación	10
Equipos	10

Cantidad de personas encuestadas: 10

TABLA C.8
RESULTADOS DE LA ENCUESTA # 2.

Factor Influencia	Numero de encuestados de acuerdo
Apariencia	10
Esgurrido de base color	8
Fallo de color interno	6
Solvente atrapado	2
Mal nivelado	1
Cráteres	1
Mala adhesión	1
Otros	1

Cantidad de personas encuestadas: 30



APÉNDICE D: RESULTADOS ESTADÍSTICOS.

*En éste apéndice se presentan los resultados estadísticos arrojados por el **MINITAB**, así como la tabla utilizada para la realización del test de hipótesis de las variables de entrada, de manera de garantizar el mejor desarrollo de experimento.*



TABLA D.1
ARREGLO ORTOGONAL DISEÑADO PARA LA FASE EXPERIMENTAL DE LA
INVESTIGACIÓN

Unidad	Ruta	Espesor de base Color (BC ± 0,01) mils	Color de Fondo
A	1	0,8	Blanco
B	2	1,2	Blanco
C	3	0,8	Blanco
D	4	0,8	Gris Claro
E	5	0,8	Gris Claro
F	6	0,8	Blanco
G	7	1,2	Gris Claro
H	8	0,8	Gris Claro
I	9	1,2	Gris Claro
J	10	1,2	Blanco
K	11	1,2	Blanco
L	12	1,2	Gris Claro



Tabla D.2
Valores cuantificables de la distribución F

$1 - \alpha = 0.95$										
$\nu_1 = \text{grados de libertad del numerador}$										
ν_2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	161.45	199.50	215.71	224.58	230.16	233.99	236.77	238.88	240.54	241.88
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.97
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.73
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16
35	4.12	3.27	2.87	2.64	2.49	2.37	2.29	2.22	2.16	2.11
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08
50	4.03	3.18	2.79	2.56	2.40	2.29	2.20	2.13	2.07	2.03
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99
80	3.96	3.11	2.72	2.49	2.33	2.21	2.13	2.06	2.00	1.95
100	3.94	3.09	2.70	2.46	2.31	2.19	2.10	2.03	1.97	1.93
200	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26	2.14	2.06	1.98	1.93	1.88
500	3.86	3.01	2.62	2.39	2.23	2.12	2.03	1.96	1.90	1.85
1000	3.85	3.01	2.61	2.38	2.22	2.11	2.02	1.95	1.89	1.84



- Resultados generados por el análisis factorial

Factorial Design

Full Factorial Design

Factors: 2 Base Design: 2; 4
Runs: 12 Replicates: 3
Blocks: none Center pts (total): 0

Fractional Factorial Fit: Autospect versus Espesor; Color Fondo

Estimated Effects and Coefficients for Autospect (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	F	P
Constant		5,1381	0,1629	31,55	0,000
Espesor		1,5465	0,7733	0,1629	4,75 0,009
Color Fondo		3,9982	1,9991	0,1629	12,28 0,000
Espesor*Color Fondo		-0,7429	-0,3714	0,1629	-2,28 0,085

Analysis of Variance for Autospect(coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	2	36,7554	36,7554	18,3777	86,62	0,001
2-Way Interactions	1	1,1038	1,1038	1,1038	4,78	0,085
Residual Error	4	0,8487	0,8487	0,2122		
Pure Error	4	0,8487	0,8487	0,2122		
Total	7	38,7078				

Estimated Coefficients for Autospect using data in uncoded units

Term	Coef
Constant	-25,2029
Espesor	0,343023
Color Fondo	3,11346
Espesor*Color Fondo	-0,0309539

Alias Structure

I
Espesor
Color Fondo
Espesor*Color Fondo



APÉNDICE E: CÁLCULOS TÍPICOS

A continuación se muestra cómo se realizaron los cálculos para la elaboración del trabajo, así como el error de los mismos.

E.1 Diagnostico del proceso actual de pintado automotriz para las unidades de color blanco piedra mediante la inspección directa:

Para la construcción del diagrama de pareto de la figura 5.1, se calcularon los porcentajes de cada uno de los factores de mayor influencia en el proceso de pintado automotriz para las unidades color blanco piedra.

- **Calculo del porcentaje de influencia del factor:**

$$\% Pi = \left(\frac{Fi}{n} \right) * 100 \quad (I)$$

Donde:

%Pi: Porcentaje de influencia (%)

Fi: Factor de influencia (adim).

N: Numero de personas encuestadas (adim).

Sustituyendo los datos de la tabla C. correspondientes al factor materia prima en la ecuación (I) se obtiene:

$$\% Pi = \left(\frac{5}{10} \right) * 100 = 50\%$$

De la misma forma se hizo para el resto de los factores lo cual permitió la construcción del diagrama de pareto de la figura 5.1 utilizando un software estadístico.



E.2. Determinación de las variables involucradas en el proceso.

Para la construcción del diagrama de pareto de la figura 5.2, se calcularon los porcentajes de cada uno de los defectos mas comunes que presentan las unidades de color blanco piedra al finalizar el proceso de pintado automotriz para las unidades color blanco piedra.

- **Calculo del porcentaje de influencia en el proceso de los defectos mas comunes:**

$$\%Pd = \left(\frac{Di}{n} \right) * 100 \quad (\text{II})$$

Donde:

%Pi: Porcentaje de influencia en el proceso del efecto i (%)

Di: Defecto i (adim).

N: Numero de personas encuestadas (adim).

Sustituyendo los datos de la tabla C. correspondientes al factor materia prima en la ecuación (II) se obtiene:

$$\%Pd = \left(\frac{10}{30} \right) * 100 = 33.33\%$$

De la misma forma se hizo para el resto de los factores lo cual permitió la construcción del diagrama de pareto de la figura 5.2 utilizando un software estadístico.

CAPACIDAD DEL PROCESO

Color de Fondo	Autospect (A ± 5) adim	Color de Fondo	Autospect (A ± 5) adim	Color de Fondo
Gris Claro	65,93	Gris Claro	65,79	Gris Claro
Gris Claro	68,05	Gris Claro	65,08	Gris Claro
Gris Claro	66,72	Gris Claro	64,84	Gris Claro
Gris Claro	66,08	Gris Claro	64,51	Gris Claro
Gris Claro	66,7	Gris Claro	65,95	Gris Claro
Gris Claro	65,83	Gris Claro	64,98	Gris Claro
MEDIA	66,55		65,19	
R (Xmax-Xmin)	2,22		1,44	
Promedio X	65,93			
Promedio R	1,41	DESVIACION MEDIA=		0,56
n	6,00			
R	3			
Limt. Sup.	67	A2=	0,483	
Limt. Inf	65			93,0853256
		CAPACIDAD DEL PROCESO =		0,13

LA VARIACION DEL PROCESO EXCEDE

**Autospect
(A ± 5)
adim**

66,3

65,96

65,82

66,37

66,04

65,81

66,05

0,56

6,91467436

LA ESPECIFICACION

ACTUAL			
Caliber 4,414	4414	10,83	
		Fondo gris	0,0969
		base	0,2165
			0,3134
cherokee 4,496	4496	11,03	
		Fondo gris	0,0987
		base	0,2205
			0,3193
Grand cerokee 4,750	4750	11,65	
		Fondo gris	0,1043
		base	0,2330
			0,3373
			0,9700

PROPUESTA

0,1024
0,1895
0,2919
0,1043
0,1930
0,2973
0,1102
0,2039
0,3141
0,9033

CAPACIDAD DEL PROCESO

Color de Fondo	Autospect (A ± 5) adim
BLANCO	74,43
BLANCO	78,56
BLANCO	73,44
BLANCO	72,84
BLANCO	75,84
BLANCO	76,81

Color de Fondo	Autospect (A ± 5) adim
BLANCO	77,93
BLANCO	74,39
BLANCO	75,31
BLANCO	73,22
BLANCO	75,24
BLANCO	73,48

Color de Fondo
BLANCO

MEDIA 75,32

R (Xmax-Xmin) 5,72

Promedio X 75,03

Promedio R 5,06

n 6,00

R 3

Limt. Sup. 77

Limt. Inf 73

74,93

4,71

DESVIACION MEDIA= 2,00

28
0

A2= 0,483

CAPACIDAD DEL PROCESO = 1,63

Autospect

(A ± 5) adim

75,28

77,88

73,59

75,26

73,88

73,12

74,84

4,76

0,72
28,00

72

TABLA C.1
MEDICION DE ESPESORES Y AUTOSPECT BAJO LA SITUACION ACTUAL DE
COLOR BLANCO PIEDRA.

Grupo #	Unidad	Espesor 1 (E1 ± 0,01) mils	Espesor 2 (E2 ± 0,01) mils	Espesor de base Color (BC ± 0,01) mils	Autospect (A ± 5) adim
1	1	5,06	3,75	1,31	65,93
	2	4,98	3,69	1,29	68,05
	3	4,59	3,24	1,35	66,72
	4	5,18	3,85	1,33	66,08
	5	4,79	3,53	1,26	66,7
	6	5,15	3,78	1,37	65,83
			3,64		

: LAS PRUEBAS REALIZADAS A LAS UNIDADES CALIBER

Grupo #	Unidad	Espesor 1 (E1 ± 0,01) mils	Espesor 2 (E2 ± 0,01) mils	Espesor de base Color (BC ± 0,01) mils	Autospect (A ± 5) adim
2	1	4,99	3,68	1,31	65,79
	2	5,08	3,72	1,36	65,08
	3	5,01	3,73	1,28	64,84
	4	5,19	3,87	1,32	64,51
	5	5,22	3,97	1,25	65,95
	6	4,84	3,51	1,33	64,98
			0		

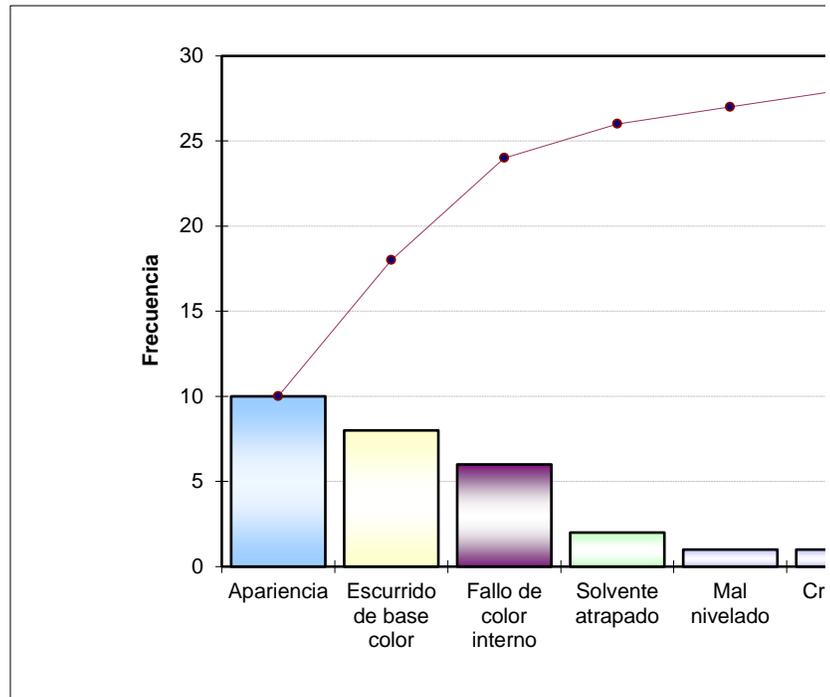
Grupo #	Unidad	Espesor 1 (E1 ± 0,01) mils	Espesor 2 (E2 ± 0,01) mils	Espesor de base Color (BC ± 0,01) mils	Autospect (A ± 5) adim
3	1	5,19	3,96	1,23	66,3
	2	5,24	4,07	1,17	65,96
	3	4,91	3,57	1,34	65,82
	4	5,33	4,03	1,3	66,37
	5	5,42	4,19	1,23	66,04
	6	4,57	3,2	1,37	65,81
			0		

Grupo #	Unidad	Espesor 1 (E1 ± 0,01) mils	Espesor 2 (E2 ± 0,01) mils	Espesor de base Color (BC ± 0,01) mils	Autospect (A ± 5) adim
4	1	4,82	3,65	1,17	74,43
	2	4,83	3,72	1,11	78,56
	3	5,07	3,88	1,19	73,44
	4	4,79	3,61	1,18	72,84
	5	4,77	3,72	1,05	75,84
	6	5,05	3,97	1,08	76,81

Grupo #	Unidad	Espesor 1 (E1 ± 0,01) mils	Espesor 2 (E2 ± 0,01) mils	Espesor de base Color (BC ± 0,01) mils	Autospect (A ± 5) adim
5	1	4,82	3,74	1,08	77,93
	2	4,93	3,91	1,02	74,39
	3	5,24	4,09	1,15	75,31
	4	5,08	3,98	1,1	73,22
	5	4,99	3,82	1,17	75,24
	6	5,07	4,01	1,06	73,48

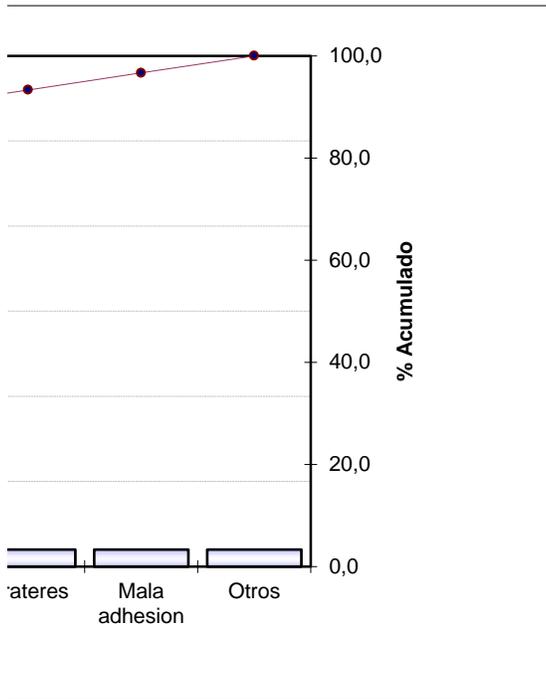
Grupo #	Unidad	Espesor 1 (E1 ± 0,01) mils	Espesor 2 (E2 ± 0,01) mils	Espesor de base Color (BC ± 0,01) mils	Autospect (A ± 5) adim
6	1	5,02	3,83	1,19	75,28
	2	5,02	3,95	1,07	77,88
	3	5,1	4,08	1,02	73,59
	4	5,37	4,21	1,16	75,26
	5	5,23	4,11	1,12	73,88
	6	5,97	4,78	1,19	73,12

Causa	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia
Apariencia	10	33,3	10
Escurrido de base color	8	26,7	8
Fallo de color interno	6	20,0	6
Solvente atrapado	2	6,7	2
Mal nivelado	1	3,3	1
Crateres	1	3,3	1
Mala adhesión	1	3,3	1
Otros	1	3,3	1
	30		



% Acumulado

- 33,3
- 60,0
- 80,0
- 86,7
- 90,0
- 93,3
- 96,7
- 100,0



FACTOR DE PONDERACION %	55,48	30,40	14,12	100
VARIABLES DE SALIDA				
VARIABLES DE ENTRADA	Apariencia	Escurrido	Fallo de Color	Total
Temperatura de Horneo	2	0	2	139,20
Tiempo de Horneo	2	0	2	139,20
Espesor de la Base Color	10	6	0	737,20
Cubrimiento de la Base Color	0	6	0	182,40
Flash Off	6	0	0	332,88
Tratamiento del Sustrato	6	0	0	332,88
Color de Fondo	10	6	10	878,40
Modelo de la Unidad	2	6	10	434,56
Total	2108,24	729,60	338,88	

0
30,4