

**REDISEÑO DE PROCESOS PRODUCTIVOS, MEDIANTE LA APLICACIÓN
DEL MÉTODO TAGUCHI EN LA FÁBRICA DE CALZADO ARISTON Sport**

**YAQUELINE PORTILLA CARVAJAL
COD 1992979**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
BUCARAMANGA
2006**

**REDISEÑO DE PROCESOS PRODUCTIVOS, MEDIANTE LA APLICACIÓN
DEL MÉTODO TAGUCHI EN LA FÁBRICA DE CALZADO ARISTON Sport**

**YAQUELINE PORTILLA CARVAJAL
COD 1992979**

**Proyecto de grado para optar al título de
Ingeniero Industrial**

**Director
Ing. OLMEDO GONZALEZ HERRERA
Ingeniero Industrial**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
BUCARAMANGA
2006**

AGRADECIMIENTOS

Durante estos años son muchas las personas que han contribuido a mi formación personal y profesional, familia, profesores y amigos.

Le agradezco a Dios por acompañarme y darme fortaleza siempre.

A mis padres, hermanas sobrinos, por estar siempre a mi lado y creer en mí.

A Harold Miguel Alvarado C. Por ser mi apoyo incondicional.

A ARISTON Sport, especialmente a Alexis Hernández por creer en las herramientas estadísticas como medio de mejoramiento continuo y darme la oportunidad de llevarlas a la práctica.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	3
OBJETIVOS	6
OBJETIVO GENERAL	6
OBJETIVOS ESPECIFICOS	6
1.GENERALIDADES DE LA EMPRESA ARISTON Sport	7
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	7
1.1.1 ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO	8
1.1.2 GESTION DEL TALENTO HUMANO Y DE RECURSOS	8
1.1.3 PRODUCTOS	8
1.1.4 PERSONAL	8
1.1.5 PROVEEDORES	8
1.1.6 MERCADO	9
1.1.7 MAQUINARIA Y EQUIPO	10
2. DESCRIPCION DEL PROCESO PRODUCTIVO	11
2.1 GENERALIDADES DEL PRODUCTO	11
2.1.1 PARTES DEL ZAPATO	11
2.1.2 PRINCIPALES COMPONENTES DEL ZAPATO	11
2.1.3 CLASES DE INDUSTRIAS	13
2.1.4 MATERIAS PRIMAS UTILIZADAS	13
2.1.4.1 CUEROS	14
2.1.4.2 PEGANTES:	18
2.1.4.3 SUELAS:	20
2.2. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO PRODUCTIVO	22
2.2.1 CORTE	22
2.2.2 PINTURA Y DESBASTE	24
2.2.3 PINTURA	27
2.2.4 GUARNICIÓN	27

2.2.5	MONTAJE	30
2.2.6	TERMINADO	37
3.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	39
4.	MARCO TEÓRICO	41
4.1	CONCEPTOS:	41
4.2	DISEÑO DE EXPERIMENTOS (DDE)	42
4.2.1	Condiciones básicas del Diseño de Experimentos	45
4.3	VARIABILIDAD FUNCIONAL	49
4.4	METODOLOGIA TAGUCHI	50
4.4.1	Fundamentos de las Técnicas de Taguchi	51
4.4.1.1	Pérdida a la sociedad	51
4.4.1.2	Función de Pérdidas	51
4.4.1.3	Valor medio de la función de pérdidas	52
4.4.1.4	Diseño Robusto	52
4.4.2	EL ENFOQUE DE TAGUCHI	52
4.4.2.1	Diseño de Parámetros	53
4.4.5	MATRIZ DE DISEÑO	54
4.4.6	Asignación de Interacciones entre dos columnas	55
4.4.7	Gráficos Lineales	56
4.4.8	Análisis de Resultados	57
4.4.9	Estimación de la condición optima.	58
4.5	AMFE (ANÁLISIS DEL MODO DE FALLOS Y EFECTOS)	60
4.5.1	PRINCIPIOS Y OBJETIVOS	60
4.5.2	TIPOS DE AMFE	61
4.5.2.1	AMFE de diseño	61
4.5.2.2	AMFE de Proceso	61
4.5.3	ELABORACIÓN DE UN AMFE	61
4.5.4	METODOLOGIA	63
5.	DEFINICIÓN DE LOS ATRIBUTOS DE CALIDAD	67
5.1	ANÁLISIS DE CRITICIDAD	67
5.2	ATRIBUTOS DE CALIDAD	71

5.2.1	CONFORT	72
5.2.2	CONFIABILIDAD DEL CORTE GUARNECIDO	72
5.2.3	ADHERENCIA TOTAL EN SUELA	73
5.3	PRINCIPALES FACTORES QUE INCIDEN EN LOS ATRIBUTOS DE CALIDAD	73
5.3.1	FACTORES QUE INCIDEN EN EL CONFORT	73
5.3.2	FACTORES QUE INCIDEN EN LA CONFIABILIDAD DEL CORTE GUARNECIDO	73
5.3.3	FACTORES QUE INCIDEN EN LA ADHERENCIA TOTAL EN SUELA	74
6.	PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	75
6.1	ENUNCIADO DEL PROBLEMA	75
6.2	POSIBLES FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE EL ATRIBUTO DE CALIDAD	75
6.3	VARIABLE RESPUESTA	76
6.4	SELECCIÓN DE LOS PRINCIPALES FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE EL ATRIBUTO DE CALIDAD	77
6.5	ELECCIÓN DE LOS NIVELES	78
7.	DISEÑO DEL EXPERIMENTO	80
7.1	Selección del arreglo ortogonal y gráfico lineal apropiado	80
7.2	EJECUCIÓN DEL EXPERIMENTO	82
7.2.1	Muestras	82
7.2.2	Laboratorio de pruebas y ensayos de calzado	83
7.2.3	Máquinas Utilizadas	83
7.2.4	Ejecución de los ensayos	84
7.2.5	Acondicionamiento y Temperatura del ensayo	84
8.	ANÁLISIS DE DATOS	85
8.1	Tabla de sumas de nivel.	87
8.2	Análisis de señal ruido y gráfica de niveles	88
8.3	Tabla ANOVA	91
8.4	Estimación de la condición óptima	93

8.5 Experimentos de verificación para la mejor combinación	96
9. ANÁLISIS DE RESULTADOS	98
10. CONCLUSIONES	99
11. PROPUESTAS	101
BIBLIOGRAFIA	107

LISTA DE TABLAS

	Pág
Tabla 1. Ciudades donde se distribuye calzado ARISTON Sport	9
Tabla 2. Maquinaria empleada en el proceso de fabricación	10
Tabla 3. Anova	47
Tabla 4. Criterios para la evaluación de la Gravedad	67
Tabla 5. Criterios para evaluar la probabilidad de ocurrencia	67
Tabla 6. Criterios para evaluar la probabilidad de detección	67
Tabla 7. Tabla de frecuencias para los NPR obtenidos del AMFE	69
Tabla 8. Tabla del análisis de las frecuencias para el AMFE	70
Tabla 9. Selección de Factores y Niveles	79
Tabla 10. Diseño de los experimentos de adherencia total en suela según arreglo L8	82
Tabla 11. Datos experimentales. Primeras ocho pruebas	85
Tabla 12. Datos experimentales. Pruebas de Repetición	87
Tabla 13. Diferencia entre niveles	88
Tabla 14. Valores de adherencia para la prueba de verificación	96

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Partes del Calzado	11
Figura 2. Flujo grama de curtiembre	14
Figura 3. Proceso de Corte	23
Figura 4. Desbaste de Piezas de cuero	25
Figura 6. Desbaste para Armado	25
Figura 7. Desbaste para Doblar	26
Figura 8. Desbaste tipo Tumbado	26
Figura 9. Proceso de pintado	27
Figura 10. Armado	28
Figura 11. Costura	28
Figura 12. Corte de Sobrantes de Forro y de hilos	29
Figura 13. Corte Guarnecido	29
Figura 14. Corte de Sobrante de Plantilla	31
Figura 15. Fijación de la plantilla a la horma	31
Figura 16. Bajar el corte a la Horma	32
Figura 17. Roñar el corte montado a la horma	33
Figura 18. Martillar el corte montado en la horma	34
Figura 19. Cardar el corte montado	34
Figura 20. Marcar la suela en el corte montado	35
Figura 21. Ubicación del cambrillón	35
Figura 22. Horno Reactivador	36
Figura 23. Bomba Pegadora	36
Figura 24. Deshormaje	36
Figura 25. Colocar plantillas	37
Figura 26. Limpieza	37
Figura 27. Aplicación de grasa	38
Figura 28. Pulir	38
Figura 29. Empaque	38

Figura 30. Arreglo ortogonal L8 (2^7)	55
Figura 31. Gráfico lineal para el arreglo L8 (2^7)	56
Figura 32. Formulas para estimar el valor de S/N, según la característica de calidad	57
Figura 33: Etapas de Elaboración de un AMFE	62
Figura 34: Diagrama Causa Efecto en Atributos de Calidad	72
Figura 35. Arreglo ortogonal L8 (2^7)	80
Figura 36. Gráficos lineales para el arreglo L8 (2^7)	81
Figura 37. Muestras a utilizar en las pruebas	83
Figura 38. Relación Señal - Ruido para cada experimento	89
Figura 39. Relación Señal - Ruido de cada factor en cada nivel	90
Figura 40. Gráficas de factores e interacciones	90
Figura 41. Tabla ANOVA	92
Figura 42. Distribución F	93

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Diagrama de Operaciones de los procesos Productivos	108
Anexo B. Arreglos Ortogonales y Gráficos Lineales	114
Anexo C. Tablas F	121
Anexo D. AMFE (Análisis Modal de Fallos y Efectos)	127
Anexo E. Acciones Correctivas	134
Anexo F. Listado de Ensayos realizado por el laboratorio Del SENA.	140
Anexo G. Resultado de las pruebas de adherencia suela Capellada.	147
Anexo H. Instructivos de trabajo.	153
Anexo I. Proceso de Inducción.	160
Anexo J. Registros de Mantenimiento.	163
Anexo K. Control del Confort.	168

RESUMEN

TITULO:
REDISEÑO DE PROCESOS PRODUCTIVOS MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL
METODO TAGUCHI, EN LA FABRICA DE CALZADO ARISTON SPORT.¹

AUTOR: PORTILLA CARVAJAL Yaqueline ²

PALABRAS CLAVES: Método Taguchi, Fabricación de calzado, Calidad.

DESCRIPCION:

Este proyecto se realizó en la fábrica de calzado ARISTON Sport, con el objetivo de conocer la incidencia de los factores sobre los principales atributos de calidad que son considerados tanto para el cliente interno como para el externo, con el fin de establecer acciones de mejora que conduzcan a disminuir la variabilidad del proceso de fabricación.

Las metodologías utilizadas fueron el Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE), a través de la cual se encontraron los principales fallos y causas en los procesos de fabricación, y se analizaron los atributos del producto en relación al proceso de elaboración detectando los factores que estaban incidiendo en ellos, estableciendo finalmente acciones de mejora para poderlos controlar. A través de la metodología Taguchi, se identificó la combinación de factores y niveles que aseguran la adherencia de pegue entre la suela y el corte, disminuyendo las devoluciones y reprocesos que se originan por este fallo.

Los principales resultados obtenidos mediante la aplicación de esas metodologías, fueron: la determinación de los atributos para el cliente interno y externo: el confort, la confiabilidad del corte guarnecido, y la adherencia total en suela, con los respectivos factores que inciden sobre cada uno de ellos, así como la determinación de acciones de mejora para controlar esos factores. También se comprobó que, la resistencia en el pegado de un zapato si cambia al alterar ciertos factores, los cuáles son: la temperatura en el horno reactivador, tiempo en el horno reactivador, y presión en la bomba pegadora; se halló el valor de cada uno de esos factores en los cuales se presenta mayor adherencia y por lo tanto a los que deben trabajar los operarios al realizar este proceso.

En este proyecto se aplicaron herramientas muy importantes en el manejo de la calidad, como lo es la metodología Taguchi y el AMFE, en la industria del calzado, demostrando así que la ingeniería por medio de la aplicación de herramientas estadísticas, permiten contribuir con el mejoramiento de sus productos y por lo tanto con su desarrollo y competitividad.

¹ Trabajo de Grado

² Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales.
Olmedo González Herrera.

ABSTRACT

TITLE:

Redraw of productive processes by means of the application of the method Taguchi, in the factory of wearing shoes ARISTON Sport.³

AUTHOR: PORTILLA CARVAJAL. Yaqueline⁴

KEY WORDS: Method Taguchi, manufacture shoes, Quality.

DESCRIPTION:

This project was carried out in the factory of wearing shoes ARISTON Sport, with the objective to know the incidence of the factors on the main attributes of quality that the internal and external client considers, with the purpose of establishing actions of improvement that they make to diminish the variability of the process of production.

The used methodologies were the Modal Analysis of Shortcomings and Effects, this methodology allowed find the main shortcomings and causes in the processes of production and analyze the attributes of the product in relation to the elaboration process; this detected the factors that were impacting in them, for finally to make actions of improvement and to control them. The methodology Taguchi identified the combination of factors and levels that assure the adherence between the sole and the cut, this diminishes the refunds and damages that originate for this failure.

The main results obtained by means of the application of those methodologies, were, the determination of the attributes for the internal and external client: the comfort, the dependability of the garnished cut, and the total adherence in sole with the respective factors that impact on each one of them and the determination of actions of improvement to control those factors. Also proven that, the resistance in the adherence of a shoe changes when altering certain, the temperature in the oven, time in the oven, and pressure in the bomb; to each factor was determined the value where the adherence is bigger and in the one that the operatives have to work.

In this project very important tools were applied in the handling of the quality, as: the methodology Taguchi and the Modal Analysis of Shortcomings and Effects, in the industry of the footwear. It demonstrated the engineering so by means of the application of statistical tools, they allow to contribute with the improvement of their products and therefore with their development and competitiveness.

³ Work of grade

⁴ Physical – Mechanical Sciences – Faculty
School of Industrial and Business Studies
Olmedo Gonzalez Herrera

GLOSARIO

En la industria del calzado, existen términos específicos con los que se designan algunas piezas o trabajos, los más característicos y que más se utilizan son:

- **Calzado:** Prenda de vestir, con superficie firme y resistente al contacto con el suelo. Su función principal es recubrir y/o proteger el pie para facilitar el caminar.
- **Flor:** Capa externa, o cara del cuero
- **Modelado:** Operación que conduce a la obtención del patrón fundamental.
- **Patrón:** Es la reproducción de las piezas que componen un zapato, utilizando generalmente cartón.
- **Escalado:** Obtención de distintos patrones a partir del fundamental, reducidos o aumentados según una escala.
- **Enfranque interno:** Parte del calzado que va desde la terminación posterior del arco plantar, hasta el punto de inicio interno de la línea metatársica del pie.
- **Enfranque externo:** Parte del calzado que va desde la terminación posterior del arco plantar, hasta el punto de inicio externo de la línea metatársica del pie.
- **Corte Guarnecido:** Parte superior del calzado. Está compuesto por la unión, generalmente en base a costuras, de la capellada, talón, caña, forro, entre

otras piezas, al que se le ha colocado o se le colocará la puntera y el contrafuerte, entre otros componentes.

- **Capellada:** Parte del corte que cubre el pie desde los enfranques laterales.
- **Talón:** Es la parte del corte que cubre la zona del talón del pie.
- **Caña:** Parte del corte que cubre el pie, desde la parte superior del empeine hasta la parte posterior superior del talón.
- **Lengüeta:** Pieza generalmente del mismo material del corte, que cubre y protege el empeine del pie de los pasadores, ganchos u otros materiales del calzado.
- **Boca:** Parte del calzado por donde se introduce el pie.
- **Forro:** Pieza o conjunto de piezas que forman el interior del corte, que está en contacto con el pie.
- **Contrafuerte:** Se utiliza para endurecer la parte posterior de la capellada, brindando una buena calzabilidad al calzado.
- **Puntera:** Se ubica en la extremidad anterior de la capellada y cumple la función de darle espesor a la punta de la capellada sin endurecerla, lo cual evita la deformación de la capellada después de sacar la horma del zapato terminado.
- **Suela:** Parte que sirve de base del calzado y que está en contacto con el suelo.
- **Cambrillón:** Componente que mantiene el arco del calzado y está colocado entre la falsa y la firme.

- **Plantilla:** Es el elemento que cubre la falsa por el lado interno del calzado y sobre la que descansa la planta del pie.
- **Cortado:** Operación mediante el cual se obtienen las piezas que constituyen el corte y algunos componentes, puede ser manual o a máquina, en este último caso se hace uso de la troqueladora y los troqueles.
- **Troquel:** Instrumento empleado en la sección de cortado, consta de una vira metálica con borde afilado, moldeada con la forma de la pieza que se pretende conseguir, con la que se corta el material mediante la presión ejercida por la troqueladora.
- **Armado:** Parte del proceso que comprende los trabajos de preparación y ensamblaje de las piezas de un modelo generalmente a través de costuras, para producir cortes listos para el montado.
- **Desbaste:** Operación que consiste en la disminución del grosor de los bordes del material de corte para facilitar el doblado y ensamblaje de las piezas.
- **Costura:** Serie de puntadas que une dos piezas de un calzado. Se utiliza también como motivo de adorno.
- **Montado:** Parte del proceso de fabricación en la que se ajusta y moldea el corte guarnecido, en torno a una horma y se sujeta a la plantilla para que más tarde pueda ser fijada.
- **Horma:** Molde que imita la forma y dimensiones del pie, sobre el que se diseña y posteriormente se monta el calzado.

- **Conformado:** Proceso por el que se da una forma determinada a un componente completamente rígido del calzado, presionándola entre planchas con la forma requerida, para facilitar el montado.
- **Pegado:** Operación en la que se unen dos ó más elementos del calzado mediante adhesivos.
- **Clavado:** Unión de dos componentes del calzado mediante clavos, sobretodo se refiere a la unión del corte a la plantilla.
- **Cardar:** Lijar.
- **Halogenación:** Aplicación de base de cloropreno (Halogenante) a suelas de caucho neolite, crepé y TR, con el fin de optimizar el pegue, ya que ésta solución le abre los poros a la suela, haciendo que el pegante se fije al cuero con más facilidad.
- **Abullonar:** colocar tiras de microporosa/espuma, entre el cuero y el forro del talón.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años ha sido un denominador común en las empresas, la estrategia y la competitividad en cuestión de calidad, ya que la calidad de los productos de una empresa determina su éxito o fracaso.

En este contexto el tema de la calidad se ha convertido en un instrumento de extraordinario valor para la proyección de las organizaciones hacia el futuro. La calidad es preocupación de todos; la efectividad de su gestión ha pasado a ser una condición necesaria y la fuerza más importante en el éxito de una organización, debido a que constituye un factor básico para obtener ventaja competitiva. La empresa debe adoptar una estrategia que persiga la calidad en todos sus productos, procesos y servicios que la diferencie del resto de la competencia, y le permita afrontar los nuevos retos desde una posición privilegiada. La consecución de esta ventaja es fundamental para el crecimiento de la empresa y es uno de los objetivos principales de cualquier compañía en la actualidad.

Al analizar una empresa industrial, la excelencia en producción está determinada por la calidad de sus procesos, lo que determina finalmente la calidad de sus productos; por lo tanto se debe mantener un estricto control sobre esos procesos productivos por que solo los procesos de alta calidad proporcionan productos de calidad, al menor coste y en el menor plazo posible. Algunas de las herramientas que contribuyen a la optimización de los procesos, productos y servicios y a la mejora continua, es el Diseño de Experimentos (DDE) y la Metodología Taguchi; éstas herramientas por medio de la experimentación reducen la variabilidad propia de las características de calidad de los productos y la que originan los procesos sobre los productos, debido a que en la práctica muchas características de calidad están afectadas por factores de difícil control o que no han podido ser controlados durante la obtención del producto, incluso por factores que aparecen una vez que el producto está en manos del cliente. Una manera de solucionar este problema

podría ser mediante el control de esas fuentes de variación, lo cual resulta costoso y muchas veces imposible. Por el contrario se pueden diseñar productos o procesos robustos que sean insensibles a estas causas.

Mediante la metodología Taguchi una organización puede identificar los factores controlables que más intervienen en la generación de problemas de calidad o, los factores que más contribuyen a lograr resultados positivos, así como la selección apropiada de los niveles a los cuales, esos factores sean insensibles y resistentes a variables tanto internas como externas, a bajo costo mediante la utilización de arreglos ortogonales, ya que estos requieren menor número de corridas experimentales.

Las empresas nacionales, en especial la industria del calzado, al ser consciente del reto que presenta la globalización y los tratados de libre comercio (TLC), tienen que iniciar un arduo proceso de mejoramiento, a fin de lograr mayor competitividad, que le garantice su permanencia en el mercado nacional y una buena incursión en los mercados internacionales.

En la actualidad los clientes exigen un producto que satisfaga sus necesidades y requisitos, y supere sus expectativas; sin embargo en algunas empresas el nivel de calidad ha permanecido constante o no ha avanzado al ritmo de lo que el cliente espera: éstas compañías pueden haber estado realizando productos según las especificaciones, pero no son lo suficientemente atractivos para conservar sus clientes y para atraer nuevos. Por lo tanto, es muy importante orientar las organizaciones hacia procesos de mejora, que les ayuden a aumentar la calidad de los productos y por ende la satisfacción de sus clientes.

Calzado Ariston Sport, es una pequeña empresa de la industria del calzado, para la cual es muy importante garantizar la calidad en sus productos y cumplir con los requerimientos del cliente; por lo tanto decidió apoyar este proyecto, para mejorar sus procesos, por medio de la aplicación y análisis de dos metodologías (AMFE, Taguchi).

En el presente proyecto, se identifican los atributos considerados de calidad para el cliente, tanto interno como externo (confort, confiabilidad en el corte guarnecido y adherencia total en suela); por medio del AMFE, se analizan las causas que generan los principales fallos en cada uno de los procesos y que afectan los atributos y se les asigna la respectiva acción correctiva para evitar que se vuelvan a presentar.

La adherencia total en suela es un atributo que la organización no ha podido controlar y que genera mayor número de devoluciones y reprocesos, especialmente en la referencia 353, debido al despegue de suela, y es básicamente debido a éste problema de calidad el enfoque del proyecto, donde a través de la aplicación de la metodología Taguchi, se busca identificar las mejores combinaciones de factores y niveles que garanticen la adherencia y por lo tanto la satisfacción del cliente.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto de los factores de calidad, sobre los principales atributos del calzado, en la empresa Ariston Sport.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Describir los procesos operativos de la empresa de calzado Ariston Sport.
- Determinar los principales atributos de calidad del calzado.
- Establecer los factores de calidad para cada uno de esos atributos.
- Diseñar y ejecutar los experimentos correspondientes, para determinar la incidencia de los factores sobre la variable respuesta.
- Analizar los resultados de los experimentos realizados, para encontrar la mejor combinación de factores y niveles, que aseguren la variable respuesta.
- Realizar una propuesta de mejoramiento del proceso productivo de acuerdo a los resultados obtenidos.

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA ARISTON Sport ⁵

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

La empresa Calzado ARISTON Sport, se encuentra ubicada en la calle 17 # 12 - 32, de la ciudad de Bucaramanga. Su comienzo data del año 1975, cuando su fundador y propietario poseía una distribuidora de calzado en Bucaramanga, para los departamentos de Norte de Santander y Boyacá. El negocio se centraba en la compra y venta de calzado al por mayor. Debido a la crisis de 1983 en el mercado fronterizo de Cúcuta, cuando el país de Venezuela devaluó su moneda, la distribuidora tuvo una considerable pérdida que obligó al propietario a abandonar el mercado de Norte de Santander y mirar otros mercados dentro del país; de allí nació la idea de producir directamente el calzado y abrir nuevos mercados para comercializar sus productos.

Desde su inicio en el año 1983, Calzado ARISTON Sport se especializó en la elaboración de Calzado para hombre; la línea formal fue la primera en ser producida, se trabajaban napas y suelas prefabricadas en crupon y neolite. Dos años después se dió inicio al diseño de la línea de calzado casual, utilizando cueros mas suaves como el noubuck y suelas de caja en caucho, goma termoplástica, poliuretano y PVC. Con estas dos líneas la empresa ha mantenido su presencia en el mercado y hoy en día está en capacidad de producir entre 120 y 150 pares de zapatos por día.

⁵ Fuente: Información de la empresa

1.1.1 ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO

La planta cuenta con una superficie construida de 405m² en donde el área de producción se encuentra organizada y distribuida por procesos y celdas de trabajo, en cada una de las cuáles hay dos o tres trabajadores.

1.1.2 GESTION DEL TALENTO HUMANO Y DE RECURSOS

Para llevar un mejor control y manejo, tanto del talento humano, como de los recursos, la empresa cuenta con una estructura organizacional, así como un manual de funciones, reglamento interno de trabajo, programa de salud ocupacional y un sistema contable.

1.1.3 PRODUCTOS

Las líneas de productos que ARISTON SPORT, ofrece hoy en día al mercado son Formal, Casual y Deportiva.

1.1.4 PERSONAL

Actualmente la empresa cuenta con 20 operarios directos, en corte, desbaste, guarnición, montaje y acabado; el área administrativa esta conformada por cuatro empleados.

1.1.5 PROVEEDORES

- *Cueros:* Casa del cuero, Distri-pieles del Oriente, Curtiembres Itagui, Top Cueros, Curtiembre el Reno.
- *Pegantes:* Peletería La Nutria, Top Cueros, Almacén Josgal, Pegantes Pegaso, Pegaucho, Pegantes Españoles importados.
- *Suelas:* Sol Suelas, Pro-Calzado Ltda, Multifondi Ltda., Grupo Nova S.A, Uripieles, Suelas Olaya, Fratelo S.A, Opción 2000 EU, Suelas importadas de Brasil.

1.1.6 MERCADO

Calzado ARISTON SPORT, vende sus productos en:

Tabla 1. Ciudades donde se distribuye calzado ARISTON Sport

DEPARTAMENTO/PAÍS	CIUDADES
Magdalena	Santa Marta
Valle del Cauca	Cali, Tulúa, Buga, Palmira, Cartago
Antioquia	Medellín
Putumayo	Mocoa, Orito
Nariño	Pasto
Meta	Villavicencio, Granada, Acacías
Boyacá	Tunja, Duitama, Sogamoso
Cundinamarca	Bogotá
Santander del Sur	Bucaramanga, Malaga, Barbosa
Norte de Santander	Pamplona, Cúcuta
Caldas	Manizales
Tolima	Ibagué
Huila	Neiva, Pitalito, La Plata
Puerto Rico	Puerto Rico
Venezuela	Maracaibo
Israel	Beersheva

1.1.7 MAQUINARIA Y EQUIPO

Tabla 2. Maquinaria empleada en el proceso de fabricación

MÁQUINA	UTILIDAD
Troqueladora	Se utiliza para realizar cortes uniformes en plantillas, cueros, contrafuertes y punteras.
Desbastadora	Se emplea para disminuir el calibre de las piezas de cuero, con el fin de obtener un doblado sutil y seguro y evitar problemas de desgarre u abultamientos.
Máquina Cosedora de Poste	Es utilizada para coser los cortes de costura gruesa y delgada y que requieran de giros.
Bomba Pagadora de Bolsa libras/pie ³	Ejerce presión, para pegar la suela al corte ya montado sobre la horma.
Máquina Terminadora	Esmerila la superficie de las suelas y del cuero.
Horno Conformador ° C	Se utiliza para secar y conformar el corte según las formas de la horma.
Sofioni	Se encarga de sacar arrugas al zapato terminado por medio de calor.
Horno Reactivador ° C	Se encarga de reactivar el pegante, a la suela y al corte montado.

2. DESCRIPCION DEL PROCESO PRODUCTIVO

2.1 GENERALIDADES DEL PRODUCTO⁶

2.1.1 PARTES DEL ZAPATO

La punta corresponde a la zona anterior y el talón la zona trasera, entre ambas se encuentran los enfranques.

Figura 1. Partes del Calzado



Fuente: www.cueronet.com

2.1.2 PRINCIPALES COMPONENTES DEL ZAPATO

El zapato está compuesto por:

Corte: formado por una parte exterior que es la piel y otra interior que es el forro.

Planta: Es la pieza de cuero, cartón o materia plástica que sirve de base para el montado.

⁶ Fuente: Tecnología del calzado, José María Amat AMER, 1992

Los materiales para plantas deben satisfacer tres cualidades fundamentales:

- La resistencia
- La polivalencia.
- El confort.

La resistencia para soportar los esfuerzos, al desgarre, a la costura en zapato cosido de piso, al hundimiento, al plegado para conservar la flexión, al deslizamiento y al desgaste.

La polivalencia para ser compatible con los tipos de adhesivos, no debe variar con la temperatura, y la humedad.

La planta debe tener una correcta fabricación y estar perfectamente ajustada a la horma del zapato que se va a fabricar.

Suela: Es la pieza de, caucho o plástico que está en contacto directo con el suelo y sobre el que descansa el pie.

Los pisos deben tener buena resistencia a la flexión y al desgaste en uso, entre otras cualidades.

Contrafuerte: Es el refuerzo del talón y puede dividirse en tres clases:

- a) Contrafuerte de Cuero, que son los tradicionales en zapato artesano, se utilizan planos.
- b) Contrafuertes de material fieltro, planos y moldeados.
- c) Contrafuertes de cuero regenerado o sucedáneo de cuero distinguiendo tres clases: planos, arqueados, premoldeados.

Punteras: Son los refuerzos de la punta. Se fabrican en diversos materiales, entre ellos: los rígidos y los flexibles. Al primero pertenecen las punteras termoplásticos y las utilizadas en calzado de seguridad, al segundo los de tejidos y cuero. La forma y el tamaño de la puntera depende del tipo de modelaje de zapato.

Accesorios: Son elementos de cualquier tipo de material, metálicos generalmente, que se emplean como aplique ejerciendo una finalidad concreta, como el caso de las hebillas, o únicamente ornamental.

2.1.3 CLASES DE INDUSTRIAS

Las industrias de calzado se dividen en varias clases, según el zapato que fabrican.

- *Calzado de bebé:* Este tipo de zapato es el que se le calza al niño de pocos meses y que, fabricado con pieles delicadas y finas, carece de suela; comprende los números 14, 15 y 16.
- *Calzado de Niño:* Zapato para niños hasta la edad escolar; comprende los números del 17 al 23.
- *Calzado de Colegial:* Es un tipo de zapato, generalmente con cordones, que calza el niño en la edad escolar. Comprende los números del 24 al 38.
- *Calzado de Señora:* Es el zapato de mujer comprendido entre los números 33 al 41. Este el tipo de calzado es el más problemático, ya que en él se da con mayor frecuencia un cambio de estilo.
- *Calzado de Caballero:* Es el zapato de hombre comprendido entre los números 38 a 45 y su proceso de fabricación difiere sensiblemente del utilizado en el calzado de señora.

2.1.4 MATERIAS PRIMAS UTILIZADAS

Para la elaboración del calzado se requiere fundamentalmente de los siguientes materiales: cuero, forro, pegantes, suelas, tachuelas, herrajes, hilos, plantillas, cordones, espuma.

2.1.4.1 CUEROS ⁷

La cadena productiva del cuero se inicia en la actividad agropecuaria, donde desde los diferentes sistemas de crianza hasta el mismo abatimiento o matanza pueden resultar en pieles de distintas calidades, imponiendo por lo tanto restricciones al procesamiento del cuero. Los defectos que presentan las pieles de los animales vivos como marcas de fuego, infestación por larvas, garrapatas, mosca de los cueros y también los defectos que son causados durante el transporte de la Estancia a la Planta Frigorífica, etc. reducen la calidad del mismo y por tanto su valor.

Una vez en la curtiembre las pieles entran en una secuencia de procesos, con el fin de transformarlas en cuero.

Figura 2. Flujo grama de curtiembre



⁷ Fuente: www.cueronet.com

El **cuero vacuno** se puede utilizar para:

1. SUELA (Curtido con extractos vegetales)
2. VAQUETA VEGETAL (Curtido con extractos vegetales)
3. VAQUETA CALZADO, lo que forra la capellada (Curtido mineral)
4. VAQUETA MARROQUINERÍA, bolsos, cinturones (Curtido mineral)
5. NAPA VESTIMENTA (Curtido mineral)
6. NAPA CALZADO (Curtido mineral)

Los procesos que son fundamentales en la obtención de las pieles que se van a emplear en la industria del calzado son:

CURTIDO

Materias curtientes son aquellas sustancias que tienen la propiedad de que sus soluciones, al ser absorbidas por las pieles de los animales, las transforman en cueros.

El curtido se puede realizar de dos formas, con curtientes vegetales y al cromo:

El curtido vegetal permite la conservación de la fibra del cuero y le incorpora ciertas características de morbidez al tacto y elasticidad que son consecuencia de los materiales y de los métodos de trabajo que se emplean. Los curtientes vegetales pueden ser naturales, sin ninguna clase de tratamientos o se pueden colorear y tratar químicamente.

Mediante el *Curtido al cromo* se puede obtener: un buen nivel de calidad, constante y uniforme, Producción racional y acabado económicamente ventajoso.

Una vez que la piel ha sido curtida viene el período de **estacionamiento**, operación que algunos curtidores no la realizan; luego el **escurrido o prensado** que se hace con prensas hidráulicas teniendo por finalidad eliminar el exceso de agua permitiendo así, un adecuado ingreso del cuero a la etapa

inmediatamente posterior que es el **rebajado**. Luego del rebajado muchas veces se neutraliza ya que de esta forma se aumenta la cationicidad superficial y permite una mayor fijación del colorante en superficie, y se continúa con el recurtido, teñido propiamente dicho, engrase y fijación.

RECURTIDO

En el recurtido está surgiendo el cuero que se quiere obtener al final del proceso, si presenta defectos es un buen momento para intentar corregirlos (flor suelta, cueros armados desparejos, etc.). El recurtido es una de las operaciones más importantes porque influirá directamente en el engrase, teñido y acabado y definirá las características finales del cuero.

RECURTICIÓN

Es el tratamiento del cuero curtido con uno o más productos químicos para completar el curtido o darle características finales al cuero que no son obtenibles con la sola curtición convencional. La recurtición se puede realizar de dos formas: con sales de cromo y con extractos vegetales.

El objetivo de la recurtición con sales de cromo es lograr un aumento de plenitud, aumento de blandura, que la estructura sea más compacta y en cueros, ante, ante-lana y similares, cuando se ha esmerilado en húmedo antes de la recurtición; favorecer la uniformidad del teñido.

Los extractos vegetales son los productos más antiguos utilizados en el recurtido del cuero al cromo y es el método más utilizado teniendo siempre como objetivo primordial un aumento en la plenitud ya que su poder de relleno es mayor que el del cromo y también para lograr capacidad de grabado, esmerilado, pulido o abrillantado.

ACABADO

Previo a las tareas de acabado, es necesario realizar una re clasificación de los cueros, que en realidad sería la segunda clasificación (la primera se hace

en cromo). La misma debe ser realizada teniendo en cuenta, por ejemplo: la calidad, tamaño, el espesor, los daños de flor, ya sean los propios del cuero o por procesos mecánicos (mordeduras de máquinas) la firmeza, la uniformidad de tintura, la absorción de la flor. Se clasifica para destinar los cueros a los diferentes artículos: plena flor, nubuck, etc. y por lo tanto se determina a qué sección del acabado se enviarán.

Como parte final del proceso de fabricación del cuero existen las operaciones de acabado y es en ella donde se deben obtener las características finales del artículo que se está produciendo. El conjunto de las operaciones de acabado es la parte más complicada de toda la fabricación. El acabado influye de forma esencial sobre el aspecto, tacto y solidez de la piel. Esta serie de tratamientos a la cual se somete la piel curtida es para proporcionar mejoras y obtener determinadas propiedades, como: dar al cuero protección contra daños mecánicos, humedad y suciedad, otorgar mayor durabilidad, igualación de las manchas o daños de la flor, igualación de tinturas desiguales, regulación de las propiedades de la superficie como por ejemplo color, brillo, tacto, solidez a la luz, etc. (el efecto de moda deseado).

En general, el acabado se compone esencialmente de las siguientes capas: impregnación o pre-fondo, fondo, capas intermedias, capas de efecto o contraste y top, laca o apresto.

IMPREGNACIONES O PRE-FONDOS

Las impregnaciones o pre-fondos es la aplicación de cantidades importantes de dispersiones de polímeros sobre la superficie del cuero de manera que penetren y lleguen a la unión entre la capa de la flor y la capa reticular. Sirve para reducir la absorción del cuero, mejorar su capacidad al montado y aumentar la resistencia al arañazo.

FONDOS

Tienen como objetivo principal regular la absorción, para que los pigmentos no penetren demasiado profundamente en el cuero y ocultar los defectos tales

como los bajos de flor. El fondo es más superficial que la impregnación y se aplica en menor cantidad.

CAPAS INTERMEDIAS

Son las capas fundamentales de los acabados y proporcionan a las pieles color, cobertura, relleno, resistencia y solidez.

CAPAS DE EFECTOS O CONTRASTE

Sirven para facilitar alguna operación mecánica como puede ser la resistencia al planchado o para la aplicación de algún efecto de moda.

TOP, LACA O APRESTO

La última capa de acabado que recibe la piel se conoce como top, laca o apresto y es la que determina en gran manera el aspecto final. De esta última capa dependerá la resistencia de los tratamientos de elaboración del artículo final (resistencia al mojado, al frote, al planchado, estabilidad de adhesivos, etc.).

ACABADO DE TACTO GRASO

Es en general en colores oscuros y cuando se monta el zapato o se dobla la piel, en esas zonas se aclara el color de forma perceptible. Este acabado se logra realizando una impregnación con aceites especiales y planchando después la piel a elevada temperatura.

2.1.4.2 PEGANTES:⁸

- CEMENTO DE CONTACTO (PEGANTE AMARILLO): Adhesivo de color amarillo, presenta un olor característico a solventes orgánicos. Es utilizado

⁸ Fuente: www.pegaucho.com

en el proceso de soladura, Armado, Emplantillado, para el pegue de materiales como cueros grasos, semigrasos y no grasos, crupon, neolite, odena, carnaza, EVA y caucho en general. Es reactivable al calor y de fácil aplicación.

- **PEGAMENTO DE POLIURETANO (PEGANTE BLANCO):** Adhesivo de contacto reactivable al calor de rápido secado; tiene apariencia lechosa con olor característico a solventes orgánicos. Es utilizado en el proceso de soladura, para pegues de suelas como, PVC, PVC expando, poliuretano, crupón, TR (Goma termoplástica), TR expando, neolite, EVA, caucho vulcanizado a capelladas de cueros grasos o secos, semi grasos. Tiene excelente resistencia al envejecimiento, es de fácil aplicación y de alto rendimiento, se puede trabajar en frío o reactivar al calor.
- **BASE DE CLOROPRENO (HALOGENANTE):** Producto compuesto por una parte líquida y otra sólida. Es utilizado en el proceso de soladura, en la preparación de suelas de caucho neolite, crepé y TR (Goma termoplástica), con el fin de optimizar el pegue. Tiene alto nivel de penetración en los sustratos, es de alta reactividad, gran rendimiento y eficiente halogenación. Esta solución permite abrirle los poros a la suela, haciendo que el pegante se fije al cuero con más facilidad.
- **PEGAMENTO DE CAUCHO NATURAL:** Es un adhesivo basado en caucho natural y resinas sintéticas; es de color blanco y presenta un olor característico a solventes orgánicos. Es utilizado en el proceso de armado de piezas de cuero, y carnazas, antes de ser cosidas. Es de fácil aplicación, limpieza, excelente fuerza inicial y es autoadhesivo.
- **MEZCLA DE SOLVENTES (LIMPIADOR):** Se utiliza para retirar materiales no deseados como grasas y mugre de la superficie de la suela.

- **SOLUCIÓN PLÁSTICA RÍGIDA (ENDURECEDOR):** Se emplea para darle mayor rigidez a los materiales, punteras y contrafuertes.
- **SOLUCIÓN DE ISOCIANATO (VULCANIZANTE):** Mejora las propiedades de los adhesivos de poliuretano y cloropreno, para aumentar la resistencia a la humedad, al calor y la fuerza final de los pegamentos.

2.1.4.3 SUELAS: ⁹

Actualmente, un zapato se describe por su propósito y no por su estilo y esta finalidad la indica más el tipo de suela que el diseño.

PRINCIPALES CUALIDADES A TENER EN CUENTA

- **Textura:** La mayoría de las suelas tienen alguna clase de forma o textura en la parte inferior para evitar que resbalen. Una suela con textura siempre es mejor que una suela lisa.
- **Resistencia:** La resistencia es muy importante y también muy difícil de determinar, pues depende de la manera de andar y de la distancia que camine cada persona. La mayoría de las suelas son bastante resistentes. El espesor no suele ser un índice de resistencia.
- **Flexibilidad:** La flexibilidad es muy importante no sólo para determinar la comodidad del zapato sino también para escoger la suela que mejor se ajusta a un cierto tipo de calzado. La flexibilidad corresponde directamente al peso de un producto y a su densidad; a menudo no corresponde al espesor, pues muchos materiales están llenos de aire.

⁹ Fuente: Tecnología del calzado José María Amat Amaer

TIPOS DE SUELA

Suelas De Cuero

Las suelas de cuero, como el cuero normal, pueden estar curtidas con sustancias de origen vegetal: corteza o casca de roble, o con sales de cromo; también hay otros tipos de suelas curtidas con materias grasas. Todas estas suelas son gruesas y pesadas y pocas personas reconocen en ellas parte de la piel de un animal.

Suelas Sintéticas

CREPE

Es flexible, se trabaja con facilidad, es completamente impermeable al agua muy cómoda para caminar o estar de pie.

Suelas de Goma de (caucho) Natural

Las suelas de goma natural, de goma cultivada en plantaciones o de goma malaya están hechas de caucho, son blancas o color crema. Generalmente se usan en los zapatos fabricados industrialmente.

-Suelas de Goma Artificial

Es una imitación de la goma elástica natural que tiene ventajas como: es fina y densa a la vez, y por ello muy resistente; además no resbala.

SUELAS DE CAUCHO IMPERMEABLE

Las suelas de caucho impermeable se caracterizan por tener una rejilla de cortes o muescas que lo vuelven extremadamente adhesivo, protegen los pies de guijarros y rocas.

Las suelas utilizadas en Calzado ARISTON Sport son las siguientes:

- Caucho
- TR (Goma Termoplástico)
- Spanson (PVC expandido)
- PU (Poliuretano)

2.2. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO PRODUCTIVO ¹⁰

En una fábrica de calzado, hasta que se han terminado totalmente de fabricar los zapatos, las materias primas sufren una serie de transformaciones, interviniendo en la realización del trabajo tanto las manos del hombre como las máquinas.

El proceso de fabricación sigue un orden lógico que es preciso determinar previamente, bien sea agrupando los trabajos por operaciones similares o por la formación de zonas, en las que las materias, al ser manipuladas, constituyan una fase de fabricación.

La elaboración del calzado pasa por cinco procesos fundamentales:

- a. Corte
- b. Pintura y Desbaste
- c. Guarnición (Armado y Costura)
- d. Montaje
- e. Terminado

2.2.1 CORTE

En el proceso de corte el aspecto más importante radica en el sentido de estire de la piel, es decir en la ubicación correcta de las piezas para obtener un aprovechamiento óptimo de la piel y un mejor estiramiento, cuando se fabrica el zapato. Ver Anexo A. Diagrama de operaciones.

¹⁰ Fuente: Manual para la formación de supervisores (CDP del cuero), www.cueronet.com, Información de la empresa

Figura 3. Proceso de Corte



Fuente: empresa

En el proceso de corte se debe tener en cuenta:

A. TÉCNICA DE CORTE

La técnica del corte es un punto fundamental para las fases sucesivas de elaboración de las otras etapas del proceso de fabricación del calzado. El cortador debe conocer el tipo de piel que está cortando, sobre todo en relación al sentido en que la piel debe ser cortada y a que parte del calzado está destinada.

B. DISPOSICIÓN DEL MOLDE SOBRE LA PIEL

Cuando se va a cortar en un molde por primera vez es necesario hacer la prueba de colocación de las partes sobre el molde.

C. VARIACIONES DEL COLOR

En la piel se observa que, en la parte inferior el color es más claro que en los brazos, que en los cuellos y faldas; por eso es necesario que el corte se efectúe con las piezas de un modelo en la misma posición.

D. PIELES GRABADAS

El dibujo es la parte más importante de la piel; para mejorar la utilización del corte, se debe tener en cuenta el sentido del grabado para cortar las piezas de acuerdo con éste.

E. PIELES CHAROLADAS

El cortador debe hacer pruebas de tensión antes de cortar para que no se presenten las arrugas cuando la capellada se arma.

Sobre cada pieza realizada, se anota un número de identificación que indique claramente a qué zapato pertenece dicha pieza, y si se trata de un fragmento correspondiente al zapato izquierdo o al derecho. Finalmente, se empacan y se envían al aparador.

2.2.2 PINTURA Y DESBASTE

Antes de iniciar cualquier tipo de desbaste, se debe comprobar que la calibración de la máquina sea la adecuada realizando pruebas con trozos de retal. Es recomendable utilizar un medidor calibrador de espesores para tener un mejor control de la operación. Ver Anexo A, Diagrama de operaciones proceso de desbaste.

El desbaste de las piezas debe ser siempre exacto y regular.

Figura 5. Desbaste de Piezas de cuero



Fuente: empresa

Figura 4. Piezas desbastadas



Fuente: www.cueronet.com

2.2.2.1 CLASES DE DESBASTE

- *Desbaste Para Armado:*

El desbaste de armado es importante para evitar problemas de desgarre; el desbaste de los lados debe tener un ancho y calibre ideal para obtener un doblado sutil y al mismo tiempo seguro; también es importante el desbaste de la capellada completa para obtener una igualdad en el calibre de toda la tarea.

Figura 6. Desbaste para Armado

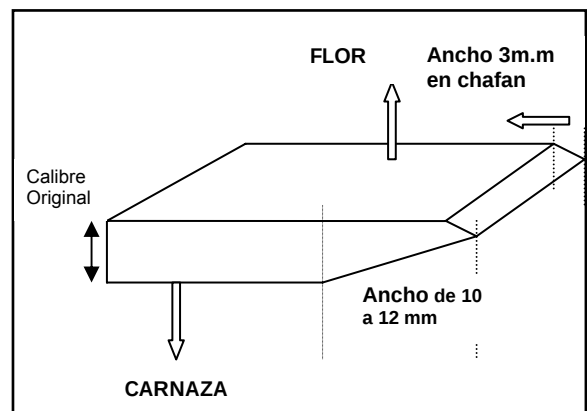
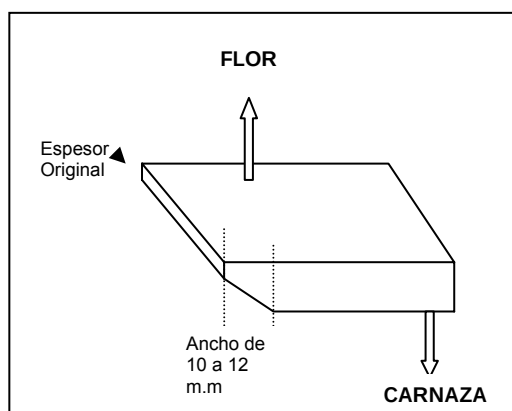
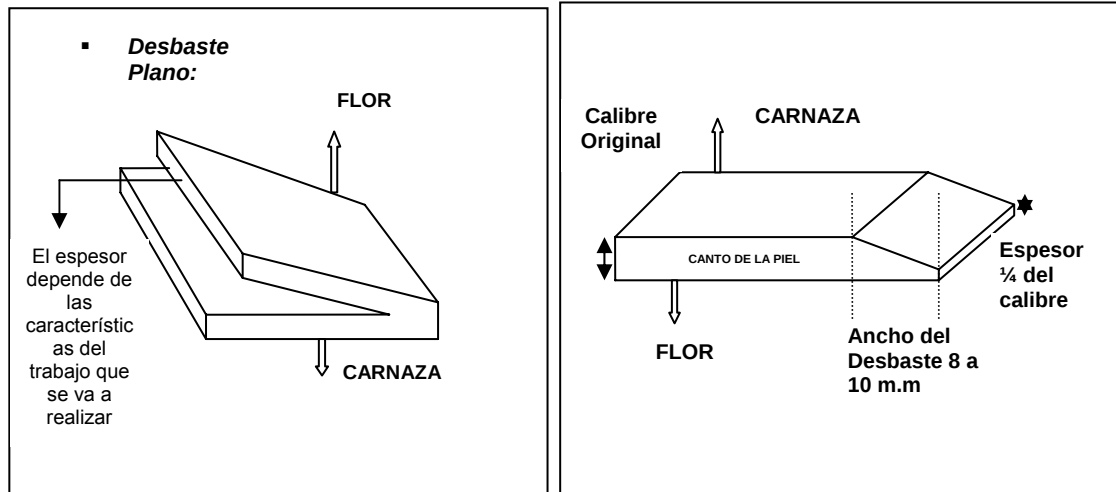
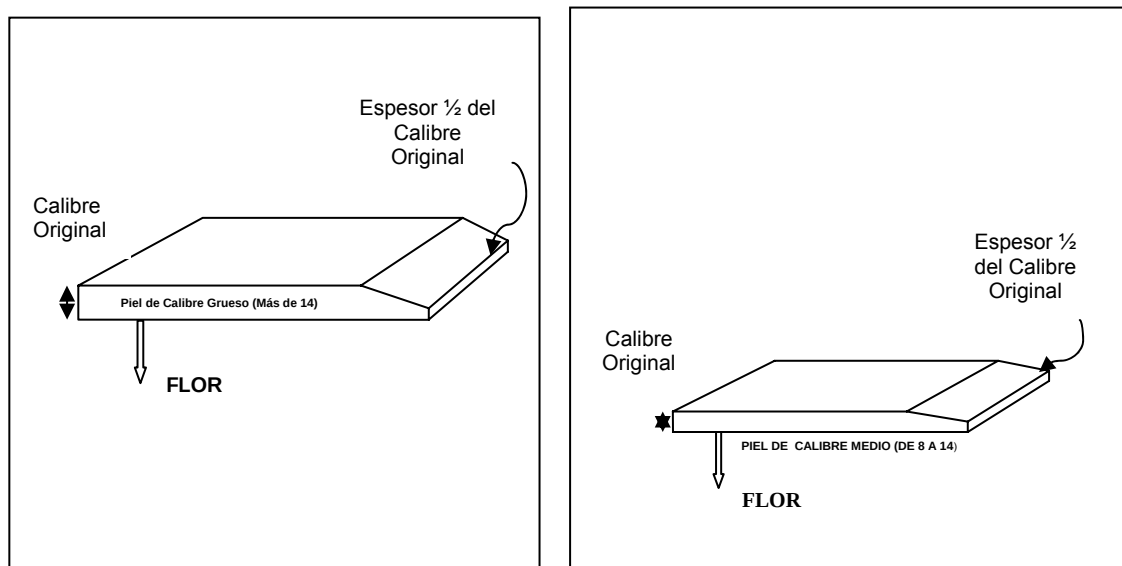


Figura 7. Desbaste para Doblar



- *Desbaste Tipo Tumbado (Para Cosido y Vuelto)*

Figura 8. Desbaste tipo Tumbado



2.2.3 PINTURA

El objetivo del proceso de pintura es mejorar el terminado de los bordes de las piezas de cuero que vienen de corte. Dependiendo del tipo de cuero que se esté manejando se aplica la emulsión, es decir sí es un cuero con teñido atravesado se utiliza una emulsión clara o sí el teñido es superficial se emplea una oscura. Ver Anexo A, Diagrama de operaciones, proceso de pintado

Figura 9. Proceso de pintado



Fuente: www.cueronet.com

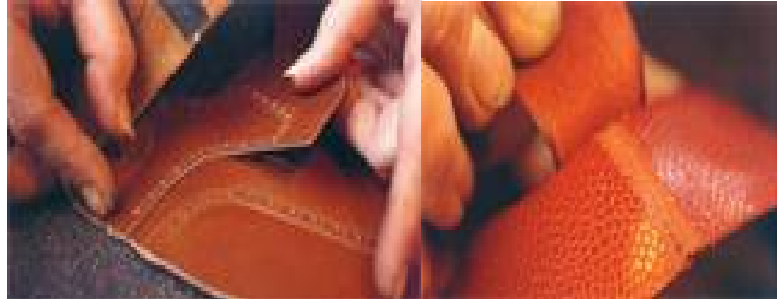
2.2.4 GUARNICIÓN

El proceso de guarnición está compuesto por armado y costura.

Esta es la sección más importante para el desarrollo de la producción, por que una construcción bien hecha del corte, da la posibilidad de agilizar el proceso de montaje.

En el armado es necesario saber los puntos críticos donde se tienen que colocar los refuerzos para evitar desgarres en el montaje y el uso del zapato, esto permite una mejor calidad y un proceso más seguro. Ver Anexo A, Diagrama de operaciones, proceso de guarnición.

Figura 10. Armado



Fuente: www.cuernet.com

Al coser es importante saber el tipo, calibre y el color del hilo, para darle una mejor imagen a la capellada.

Figura 11. Costura



Fuente: www.cuernet.com

RETOQUES FINALES

A pesar de que todas las piezas han sido escrupulosamente cosidas y forradas, el trabajo todavía no ha terminado. En primer lugar debe cortarse la piel del forro que sobresalga por los bordes, entre 1 y 2 mm por encima de la línea de costura. Esta tarea, aparentemente fácil, requiere mucha habilidad. La superficie del corte debe ser absolutamente recta para que la piel del forro no sea visible por encima de los bordes. Además, las tijeras no deben dañar la línea de costura.

Figura 12. Corte de Sobrantes de Forro y de hilos



Fuente: www.cueronet.com

Tras cada costura, se cortan los hilos quedando pequeñas puntas sueltas; El armador elimina estos pequeños fragmentos: primero introduce la hebra del hilo superior en el interior del zapato con un punzón puntiagudo y a continuación la ata fuertemente con la del hilo inferior; seguidamente corta el hilo sobrante.

Puesto que el corte guarnecido todavía debe someterse a otros procesos durante la confección del zapato, durante esta fase no es necesario limpiarlo ni pulirlo.

Figura 13. Corte Guarnecido



Fuente: www.cueronet.com

2.2.5 MONTAJE

En éste proceso es importante la preparación de la horma y los cortes guarnecidos; donde la horma debe llevar la plantilla con el número exacto para evitar problemas en la calzada; las capelladas deben tener su contrafuerte con las medidas de la horma, y la puntera que sea de la altura y calibre ideal para el tipo de calzado que se va a construir.

El cardado debe ser uniforme y seguir la línea del contorno de la horma, para garantizar el pegue ideal y seguro de la suela.

En el ensuelado es importante no utilizar mucho pegante para evitar rigidez del zapato en la planta.

En la extracción de la horma del zapato, es importante extraer el zapato con un punto de apoyo donde se pueda coger la mayor parte del talón y tirar hacia arriba, esto garantiza uniformidad en el contrafuerte, evitando deformaciones.

El montado del zapato empieza con la aplicación de la plantilla. El operario coloca la horma sobre su rodilla, con la parte de la suela hacia arriba. Sitúa la plantilla sobre la horma, la fija con tres o cuatro clavos de metal. Además, tuerce la cabeza de los clavos para garantizar que la plantilla quede lo mejor sujeta posible a la horma (posteriormente obvia dicha sujeción y retira los clavos). Seguidamente, el zapatero corta la piel que sobresale de los bordes de la horma. Para ello presiona la plantilla de forma perfecta contra la horma y apoya el cuchillo verticalmente a los bordes de la horma, rodeándola por completo. Para ello, debe seguir su forma con toda precisión.

Figura 14. Corte de Sobrante de Plantilla



Fuente: www.cueronet.com

El operario corta la piel sobrante y adapta la plantilla a la forma de la horma

Figura 15. Fijación de la plantilla a la horma



Fuente: www.cueronet.com

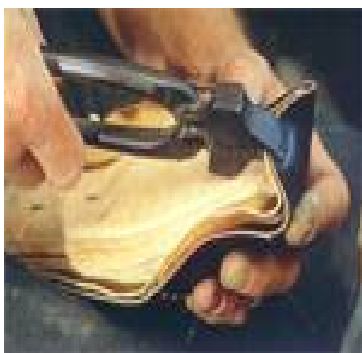
El operario fija la plantilla a la horma por medio de clavos

Luego introduce la puntera entre la piel de la capellada y la del forro; en el talón, el contrafuerte y en los laterales los forros de refuerzo. Presionando con fuerza con la mano, el operario alisa primero la piel exterior de la capellada extendida sobre la mesa y después la del forro, para que el pegante se reparta de forma regular y las superficies queden bien pegadas. La puntera constituye, además, una protección fuerte y fija sobre los dedos del pie. La bóveda producida por la puntera debe ser lo suficientemente grande para que los dedos puedan moverse cómodamente sin chocar contra la piel, ya que al andar todo el peso corporal de la persona se traslada al pie y este se ensancha.

Una puntera dura no tiene nunca el mismo grosor. Sobre la punta de los dedos, la piel debería ser lo más gruesa posible debido a la gran presión a que dicha zona está sometida. Así pues, se conserva el grosor original de la piel. Sin embargo, la piel de la zona central está rebajada, ya que los movimientos del pie requieren una mayor flexibilidad. La firmeza del golpe también es producto de la técnica del pegado. En el área que cubre los dedos, la capa de pegante es más gruesa, mientras que en la zona central se va reduciendo.

El operario ha fijado la plantilla a la parte inferior de la horma y, una vez finalizada las preparaciones, todo está listo para emprender la segunda fase del montado del zapato: el tensado. Lo más importante de este complicado procedimiento es dar al corte guarnecido la forma plástica correspondiente a la horma. Dar forma a la puntera y a la zona del talón requiere una precisión especial, puesto que la piel tiende a arrugarse alrededor de la horma y debe alisarse y doblarse.

Figura 16. Bajar el corte a la Horma



A partir de este momento se trabaja desde la suela del zapato. El operario tira la piel del corte guarnecido con las tenazas, empezando por las zonas de los metatarsos exteriores e interiores. A esta operación se la denomina tensado previo. El zapato empieza a adquirir forma.

Fuente: www.cueronet.com



Fuente: www.cueronet.com

A continuación, el zapatero fija el corte guarnecido con ocho clavos de metal para que no resbale: tres en la puntera, dos en cada lateral y otro en el talón. Empieza a tensar la piel con la ayuda de las tenazas, y la fija en intervalos de 5 a 6 cm. Dobla la piel sobre la plantilla y la fija de nuevo con clavos de metal. Durante el proceso, el zapatero da la vuelta a la horma para controlar que la capellada no se haya desplazado del eje central.



Las tres capas de la capellada, estiradas mediante el tensado, son más grandes de lo necesario. El zapatero elimina con un cuchillo la piel sobrante de todo el contorno (roñar), de manera que los extremos de la capellada queden a la altura del hendido de la palmilla.

Figura 17. Roñar el corte montado a la horma

A continuación, la capellada se somete al martillado con la parte llana del martillo de zapatero (de unos 500 g de peso). Con esta delicada y precisa operación, el zapatero comprime los tejidos de la piel y optimiza la forma y la solidez del zapato. El material con que se ha elaborado la horma es de gran importancia: el material de buena calidad vibra con los martillazos y se adapta automáticamente a su ritmo. Es decir, cobra vida con los golpes del zapatero.

El martillo del operario es parecido al martillo común, pero se utiliza de formas diversas. Uno de sus extremos termina en un aleta recta truncada. Con dicho canto, el zapatero alisa las arrugas que surgen entre dos clavos. El otro

extremo del martillo consiste en un disco plano. Con él se procede al amartillado de los laterales del zapato para eliminar definitivamente las arrugas que forma la piel. El operario también lo utiliza para garantizar una transición suave en la parte superior del contrafuerte del talón y de la puntera.

Figura 18. Martillar el corte montado en la horma



Fuente: www.cueronet.com

Tras el tensado, el operario empieza a martillar cuidadosamente el zapato para que adquiera la forma plástica de la horma

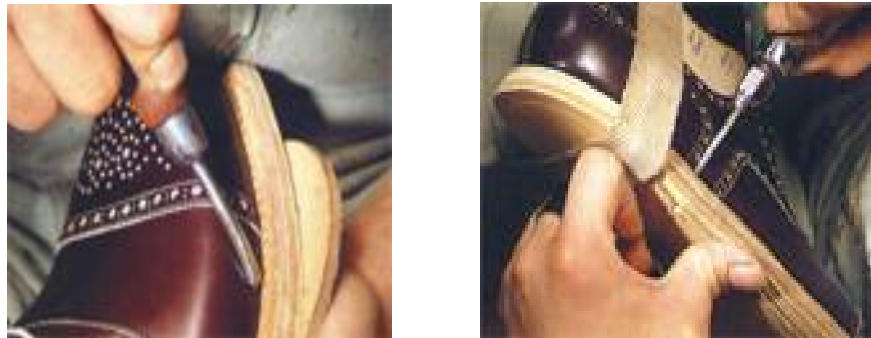


Antes de marcar la suela al corte montado se debe cardar el corte montado con lija de grano grueso, para levantar la capa de finizaje al cuero y dejar expuesta la madre del cuero para garantizar un mejor pegue.

Figura 19. Cardar el corte montado

Previamente al pegue de la suela, se marcan las posiciones que deben ocupar la suela, para esto, el operario usa un marcador de puntos. Se trata de una herramienta de metal con dos dientes redondeados y una hendidura en el centro. La presiona con fuerza contra el zapato y los dientes dejan un rastro parecido a un punto sobre la piel.

Figura 20. Marcar la suela en el corte montado



Fuente: www.cueronet.com

Con el marcador de puntos se marca en todo el zapato, la posición de la suela.

Debido al grosor del material de la capellada, entre la plantilla y la suela exterior se forma un espacio vacío. Para que dicho espacio no quede hueco, y para conferir más estabilidad al zapato, se añade el llamado cambrillón y se rellena el resto con conglomerado de corcho.



Fuente: www.cueronet.com

Figura 21. Ubicación del cambrillón

Al andar, sólo debe doblarse el primer tercio del zapato. La suela y el tacón deben permanecer estables a cada paso para que el tacón no bascule y el pie puede apoyarse bien. El cambrillón es una pieza de acero que se coloca en el espacio vacío de la suela y ofrece dicho apoyo. Se sitúa entre la mitad del tacón y la zona del metatarso. La longitud del cambrillón depende del tamaño, del grosor y del grado de inclinación del zapato, así como del modelo. Se fija a la suela interior con una cubierta de piel sujeta por estaquillas.

Una vez se ha colocado el cambrillón y se ha aplicado pegante tanto a la suela como al corte, se ubica la suela y el corte en el horno reactivador durante cierto tiempo y temperatura, posteriormente se une el corte y la suela y se introducen en la bomba pegadora

Figura 22. Horno Reactivador



Fuente: empresa

Figura 23. Bomba Pegadora

La horma ha cumplido su cometido. El zapato está listo. Para llevar a cabo los últimos retoques, el zapatero retira la horma del zapato con mucha precaución, ayudado por un gancho de acero de 6 o 7 mm de grosor, y controlando la fuerza del tirón. A continuación, la horma se guarda con todo cuidado.

Figura 24. Deshormaje



Fuente: www.cueronet.com

2.2.6 TERMINADO

En el emplantillado es recomendable previamente controlar que no haya tachuelas que puedan dar molestias en la calzada.

En el empaque la caja debe ser marcada con la referencia del zapato, la talla. Ver Anexo A, Diagrama de operaciones del proceso de terminado.

Figura 25. Colocar plantillas



Fuente: www.cuernet.com

Se aplica una fina capa de pegante a la plantilla y se pega al zapato

Figura 26. Limpieza



Fuente: www.cuernet.com

Los restos de pegante y de las huellas que ha dejado el operario en la capellada se retiran.

Figura 27. Aplicación de grasa



Al aplicar grasa y pulir la capellada; deben tenerse en cuenta los mínimos detalles.

Figura 28. Pulir



El pulidor elimina con la grasa las pequeñas diferencias que puedan quedar sobre la superficie.

Con un trapo suave o un cepillo, impregnado en grasa, describe ligeros movimientos circulares hasta que consigue una superficie lisa como un espejo.

El secreto consiste en aplicar finas capas de betún sobre la piel y esperar al menos 15 minutos a que penetre; este procedimiento se repite tres o cuatro veces.

Finalmente, el pulidor saca todo el brillo al zapato con un cepillo suave y un trapo de franela.

Figura 29. Empaque



3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el mundo actual, la calidad constituye la principal prioridad competitiva de una empresa en cualquier sector o país; pues ésta es la característica más demandada por los clientes en los productos y servicios que reciben.

La calidad del producto se ve afectada por diversos factores a lo largo del proceso de fabricación, viéndose reflejada en términos de pérdida de tiempo y dinero, tanto para los consumidores como para los fabricantes, haciendo necesario el uso métodos de aseguramiento y control, apoyándose en la estadística, ya que ésta provee información sobre el proceso y sobre las causas que lo están afectando.

En la fabricación de calzado y en general de cualquier producto, la calidad se consigue, identificando en primera instancia los atributos o características de calidad que más afectan el rendimiento del sistema, específicamente sí afectan al cliente. Para ARISTON Sport, es importante conocer esos atributos de calidad, así como los medios para controlarlos, especialmente mediante el uso de herramientas y metodologías estadísticas que permitan minimizar los fallos de producción mediante la identificación de los principales factores que afectan la calidad de los procesos.

Las devoluciones y los reprocesos debido al despegue de suela es uno de los inconvenientes a los que se enfrentan en el proceso de fabricación del calzado y que interfiere en la obtención de la calidad del producto; con el fin de obtener los objetivos de calidad, y mejorar la característica de calidad (el pegue de la suela), se requiere mediante la experimentación localizar los factores que contribuyen a la variabilidad del proceso y que están incidiendo en la característica de calidad; una vez identificados esos factores determinar a qué

Valores deben ajustarse para que las características deseadas logren las especificaciones anheladas con la mínima variabilidad.

El principal beneficio de la reducción de la variabilidad es la obtención de productos y servicios más robustos, insensibles y resistentes a las variables tanto internas como externas que inciden sobre un proceso.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 CONCEPTOS:¹⁷

- **Atributos:** Es una característica de un producto o proceso, que define la calidad de un producto/proceso.
- **Factores:** Variable cuya influencia se considera significativa sobre la respuesta. Se debe analizar cuáles son los factores clave que influyen de forma relevante en la respuesta para incorporarlos en los diferentes experimentos.
- **Variable Respuesta:** Variable cuyo valor viene determinado por una combinación predeterminada de factores con unos niveles establecidos. A esta combinación se le llama experimento.
- **Nivel:** Valores que toman los distintos factores en los diferentes experimentos. Se toman 2 ó 3 niveles por factor, según se prevea una respuesta lineal o cuadrática. Se codifican usando 1 para el menor y 2 para el mayor.
- **Repeticiones:** Indica el número de veces que se repite un mismo experimento con el mismo valor para cada factor.
- **Efecto:** Valor numérico que cuantifica la influencia que tiene un determinado factor sobre la respuesta.
- **Media:** es la suma de los valores de los elementos dividida por la cantidad de éstos.

$$Media(X) = \frac{\sum_{j=1}^n X_j}{n} \quad (1)$$

¹⁷ Fuente: Douglas C. Montgomery: Diseño y Análisis de Experimentos; Seis Sigma, Una iniciativa de calidad total, Gestión 2000.com.

- **Varianza:** Es la media de los cuadrados de las diferencias entre cada valor de la variable y la media aritmética de la distribución.

$$S_X^2 = \frac{\sum_{j=1}^n (X_j - \text{Media}(X))^2}{n} \quad (2)$$

- **Desviación Estándar:** Es una medida de cuánto se desvían los datos del promedio.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{N - 1}} \quad (3)$$

- **Nivel de Confianza (1-α):** Probabilidad de que la estimación efectuada se ajuste a la realidad. Cualquier información que se quiere recoger está distribuida según una ley de probabilidad (Gauss o Student), así se llama nivel de confianza a la probabilidad de que el intervalo construido en torno a un estadístico capte el verdadero valor del parámetro.
- **Ruido:** Son todas aquellas características que provocan la variación de la respuesta respecto a un valor objetivo.
- **Robustez:** Insensibilidad de la respuesta frente al ruido.

4.2 DISEÑO DE EXPERIMENTOS (DDE)¹²

El diseño de experimentos es una valiosa herramienta para obtener una mejora apreciable de la calidad, mediante un proceso de experimentación con

¹² Fuente: Douglas C. Montgomery: Diseño y Análisis de Experimentos; Seis Sigma, Una iniciativa de calidad total, Gestión 2000.com.

diferentes valores de las características o factores clave que afectan la respuesta de los procesos o productos sometidos a estudio.

El DDE, permite lograr dos objetivos:

1. *Detección*: Identificar qué factores de entre todos los técnicamente posibles son las fuentes principales de variabilidad en las características elegidas que garantizan la calidad de las prestaciones del producto o proceso.
2. *Modelado*: Una vez identificados esos factores, determinar a qué valores deben ajustarse, para que las características deseadas logren las especificaciones requeridas con la mínima variabilidad (o desviación estándar) mediante el modelado de la respuesta en función de los factores.

El proceso de experimentación consta de una serie de etapas preestablecidas de carácter genérico:

- I. **Comprensión y planteamiento del problema.** Un planteamiento claro del problema contribuye en forma sustancial a un mejor conocimiento del fenómeno y de la solución final del mismo. Se debe recopilar toda la información necesaria y de forma adecuada; conocer perfectamente el producto o proceso que se someterá a estudio, para lograr la efectividad del experimento.
- II. **Elección de factores y niveles.** El experimentador debe realizar una lista de los factores que variarán en el experimento, y escoger los de mayor interés, es decir aquellos sobre los cuáles se va a buscar si hay efecto significativo sobre la variable respuesta, los demás factores que no van a intervenir directamente en el experimento se deben controlar para que no vayan a distorsionar el análisis estadístico. Se debe elegir los intervalos en que van a variar los factores y los niveles específicos a los cuales se hará el experimento.
- III. **Selección de la variable respuesta.** Al seleccionar la respuesta el experimentador debe estar seguro de que la respuesta que se va a medir realmente provea información útil acerca del proceso de estudio.

Existen básicamente tres tipos de variable respuesta, denominadas comúnmente como características de calidad:

➤ Mayor es mejor o tendencia infinito. Tipo de parámetro que, al aumentar su valor, mejora el funcionamiento del proceso analizado. Como ejemplo se tiene aquellas variables que se desean maximizar y cuyo valor es el infinito, tales como: utilidad, productividad, resistencia a la fractura, eficiencia, fuerza de tensión, etc.

➤ Menor es mejor o tendencia cero. Tipo de parámetro que al disminuir su valor, mejora el funcionamiento del proceso analizado. Se buscan variables cuyo valor sea el mínimo posible donde el mejor valor es cero, tales como: costo, desperdicio o mermas, cantidad de defectos por lote, tiempos de secado, desgaste, deterioro, etc.

➤ Nominal es mejor. Este tipo de variables tiene como objetivo encontrar un valor específico (nominal o meta) bajo el cual trabajar; generalmente trabajan con tolerancias del tipo de: Diámetro, longitud, voltaje, etc.

IV. Elección del diseño experimental. Para elegir el diseño es necesario considerar el tamaño muestral (número de repeticiones), seleccionar un orden adecuado para los ensayos experimentales (sí es al a zar o no). Es importante tener presente los objetivos experimentales al seleccionar el diseño.

V. Realización del experimento. Cuando se realiza el experimento, es vital vigilar el proceso para asegurar que todo se haga conforme a lo planeado. En esta fase los errores en el procedimiento suelen anular la validez experimental. La planeación integral es decisiva para el proceso.

VI. Análisis de datos. Deben emplearse métodos estadísticos para analizar los datos, de modo que los resultados y conclusiones sean objetivos más que apreciativos. Se trata de verificar si el modelo es correcto y si lo es, obtener estimaciones correspondientes de parámetros de éste.

La metodología sugerida para llevar a cabo el análisis es la siguiente:

1. Análisis de la información.
2. Interpretación de resultados.
3. Definición del punto de operación.

VII. Conclusiones y recomendaciones. Una vez se han analizado los datos, el experimentador debe extraer conclusiones prácticas de los resultados y recomendar las acciones a seguir. En esta fase son útiles los métodos gráficos, también se deben realizar corridas de seguimiento y pruebas de confirmación para validar las conclusiones del experimento.

4.2.1 Condiciones básicas del Diseño de Experimentos

1) Repetibilidad: Es la variación de las mediciones obtenidas con un instrumento cuando lo usa varias veces el mismo operador, para medir la misma característica, en las mismas muestras, bajo las mismas condiciones de medición. Donde: estas condiciones son llamadas condiciones de repetibilidad. Las condiciones de repetibilidad incluyen: el mismo procedimiento de medición, el mismo observador, el mismo instrumento de medición, utilizado bajo las mismas condiciones, el mismo lugar, repetición en un periodo corto de tiempo. La dispersión de un conjunto de medidas tomadas bajo condiciones de repetibilidad puede caracterizarse por la desviación estándar experimental, ya que se define como la variación alrededor de la media, ésta variación debe ser pequeña con respecto a las especificaciones y a la variación del proceso.

2) Reproducibilidad: Es la variación en el promedio de las mediciones efectuadas por operadores diferentes, usando el mismo instrumento para medir la misma característica, en el mismo grupo de muestras. Es la capacidad de entregar el mismo valor medio y desviación estándar al medir repetidamente un mismo valor, bajo condiciones de medición que cambian. Donde: una declaración válida de reproducibilidad requiere que se especifique la condición que cambia. Las condiciones que cambian pueden incluir: principio de medición, método de medición, observador, instrumento de medición, patrón de referencia, lugar, condiciones de uso, tiempo.

3) Análisis de Varianza (ANOVA): El método para la evaluación de la repetibilidad y reproducibilidad, es el análisis de varianza (ANOVA). A través de este método pueden estimarse las varianzas con mayor exactitud. El análisis de la varianza es un procedimiento estadístico que permite dividir la variabilidad observada en componentes independientes que pueden atribuirse a diferentes causas de interés. Puede ser utilizada para determinar si hay diferencias significativas en las medidas de tendencia central, para los resultados de los ensayos realizados por diferentes analistas y métodos. Consiste en la clasificación cruzada de resultados estadísticos y en comprobar si las medias de una clasificación determinada difieren significativamente. El interés recae en probar la igualdad de las medias μ_1, μ_2, μ_I de los tratamientos, lo cual es equivalente a las pruebas de hipótesis:

$$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_A = 0$$

$$H_1 : \tau_I \neq 0 \quad \text{al menos para una } i$$

Por tanto, si la hipótesis nula (H_0), es verdadera, cada observación consiste de la media global μ más una realización de la componente de error aleatorio ϵ_{ij} . Esto es equivalente a afirmar que todas las N observaciones se toman de una distribución normal con media μ y varianza σ^2 . Por consiguiente, si la

hipótesis nula es verdadera, el cambio en los niveles del factor no tiene efecto sobre la respuesta promedio.

El análisis de varianza divide la variabilidad total de los datos contenidos en la muestra en dos componentes. Así, la prueba de hipótesis, se basa en la comparación de dos estimaciones independientes de la varianza de la población.

Se tienen K grupos clasificados de acuerdo a los niveles $1, 2 \dots a$ del factor. En cada nivel se tienen $n_1, n_2, \dots n_a$ observaciones independientes y obtenidas de forma aleatoria. Si se designan de forma general cada observación como y_{ij} , el subíndice i indica el grupo al que pertenece, j es el número de la observación dentro de ese grupo, de tal manera que por ejemplo y_{25} corresponderá al valor observado en el quinto sujeto del segundo grupo.

Tabla 3. Anova

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media de cuadrados	Fo
Tratamientos A	$SS_A = \sum_{i=1}^a \frac{y_{i\bullet\bullet}^2}{bn} - \frac{Y_{\bullet\bullet\bullet}^2}{N}$	a - 1	$MS_A = SS_A / a - 1$	$F_0 = MS_A / MS_E$
Tratamientos B	$SS_B = \sum_{j=1}^b \frac{y_{\bullet j\bullet}^2}{an} - \frac{Y_{\bullet\bullet\bullet}^2}{N}$	b - 1	$MS_B = SS_B / b - 1$	$F_0 = MS_B / MS_E$
Interacción	$SS_{AB} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{y_{ij\bullet}^2}{n} - \frac{Y_{\bullet\bullet\bullet}^2}{N} - SS_A - SS_B$	(a-1)(b-1)	$MS_{AB} = SS_{AB} / (a-1)(b-1)$	$F_0 = MS_{AB} / MS_E$
Error	$SS_E = SS_T - SS_A - SS_B$	ab (n-1)		
Total	$SS_T = SS_E + SS_A + SS_B$	abn - 1		

Razón F.

Grado de significación que permite evaluar que tan importante es cada factor al ubicar la varianza de los datos con respecto a la curva normal estándar. Esta significancia se determina de acuerdo a la tabla F, con relación a los grados de libertad de cada factor, GL_{CF} , (número de niveles menos uno) y los grados de libertad del error, GL_E (grados de libertad total, GL_T , menos los grados de libertad de cada factor). Al calcular la razón F (varianza de un factor/ varianza atribuida al error) y teniendo los límites de significación (tabla F) se puede observar si están dentro del intervalo de confianza determinado. Esto quiere decir que aquellos factores con razón F mayor al que proporciona la tabla F, la varianza del factor es verdaderamente importante para el experimento con un pequeño margen de error. Para hallar el valor del estadístico F, se aplica:

$$F_0 = \frac{SS_{Tratamientos} / (a - 1)}{SS_{ERROR} / (n - a)} = F_0 = \frac{C.M_{Tratamientos}}{C.M_{ERROR}} \quad (12)$$

Contribución de porcentajes (P). Es el porcentaje de la suma pura de cuadrados con respecto a la suma de cuadrados total. En realidad lo que indica es que fracción del 100% de la variabilidad del experimento, lo tiene cada factor. Este estadístico es mas real cuando se aprecia desde el punto de vista de la señal-ruido, que se indicará mas adelante.

$$P(\%) = \frac{S'_i}{S_T} \times 100$$

4.3 VARIABILIDAD FUNCIONAL¹³

La variabilidad entre productos una vez que éstos están en manos del cliente es inevitable, sin embargo, sí se identifican las causas de éstas variaciones, se pueden tomar medidas con el fin de reducirla.

Las causas que originan tal variabilidad pueden incluirse en tres grupos:

- Causas que provocan variabilidad en el *proceso* que da lugar al producto y que determinan la capacidad de aquél: variaciones en la materia prima, métodos de trabajo, mantenimiento, etc.
- Causas en el *entorno* en que se usa el producto: variaciones humanas en el uso del producto, condiciones ambientales, etc.
- Causas relacionadas con las características internas del *producto*: envejecimiento, deterioro de partes, etc.

El efecto, en general impredecible, que estas causas generan sobre la característica de interés se denomina “ruido” y, a las causas de tal variabilidad se les denomina *factores ruido*. Para reducir el ruido la empresa puede: controlar los factores ruido que estén a su alcance (aquellos que aparecen antes de que el producto salga de la empresa), pero esa postura es costosa; La segunda estrategia más económica y eficaz, consiste en tomar contramedidas contra cada una de las causas de variabilidad a lo largo de las etapas de desarrollo de un producto.

Las etapas del desarrollo en las que se puede actuar para minimizar el efecto de cada una de las causas de variabilidad son:

- Etapa de *diseño del producto* de acuerdo con las expectativas del cliente.
- Etapa de *diseño del proceso* que ha de generar los productos diseñados en la etapa anterior.
- Etapa de *producción* de acuerdo con las etapas anteriores en la que se obtendrá el producto final.

¹³ Fuente: Salvador Capuz Rizo: Introducción al proyecto de Producción Ing, Concurrente para el diseño de un producto

Las técnicas estadísticas como el diseño de experimentos robustos (método Taguchi), son técnicas que, aplicadas en las etapas del diseño del producto y del proceso, producen una reducción considerable de la variabilidad final del producto en manos del cliente y con una inversión económica baja.

4.4 METODOLOGIA TAGUCHI¹⁴

Un enfoque alternativo al Diseño de experimentos, basado en diseños factoriales completo o fraccionales son los métodos del Dr. Genichi Taguchi. Sus métodos se desarrollaron en Japón en los años 50. En 1958 publicó en Japón el libro *Diseño Experimental* en el que introdujo su concepto de Relación Señal/ Ruido derivado de la ingeniería de telecomunicación, un índice que permite evaluar la “robustez” de una característica de calidad de un producto. *Robustez* significa insensibilidad frente a aquellas causas que provocan su variabilidad. Esto lo consigue al determinar qué causas (ruido) causan esa variabilidad y planteando un experimento que la minimicen.

Para Taguchi, es posible incorporar la calidad en los productos desde su diseño, sin aumentar su costo; los problemas deben eliminarse en el laboratorio de diseño, no en la fábrica o en el campo. Según esta perspectiva, es necesario diseñar productos robustos que toleren variaciones en el proceso de producción y durante el servicio de mantenimiento. Los métodos estadísticos deben seleccionar los factores importantes que afectan el diseño.

Taguchi establece su metodología para:

1. Diseñar productos y procesos robustos a las condiciones ambientales;
2. Diseñar y desarrollar productos robustos a la variación en sus componentes;
3. Minimizar la variación alrededor de un valor objetivo.

¹⁴ Fuente: Douglas C. Montgomery: Diseño y Análisis de Experimentos, Seis Sigma, Una iniciativa de calidad total, Gestión 2000.com; Salvador Capuz Rizo: Introducción al proyecto de Producción Ing, Concurrente para el diseño de un producto; Francisco Aguayo González: Metodología del diseño Industrial, un enfoque desde la Ing. Concurrente

La ingeniería de la calidad de Taguchi combina métodos estadísticos y de ingeniería para optimizar los procesos de diseño y fabricación de modo que aumente la calidad y se reduzcan los costos de los productos. El diseño de experimentos juega un papel esencial en el enfoque de Taguchi, pues ayuda a identificar los factores que más intervienen en la generación de problemas de calidad o, alternativamente, los factores que más contribuyen a lograr resultados positivos.

4.4.1 Fundamentos de las Técnicas de Taguchi

4.4.1.1 Pérdida a la sociedad

Para Taguchi, la falta de calidad no sólo produce costes cuantificables económicamente, también supone costes medioambientales y factores tan poco cuantificables como la insatisfacción de los consumidores; costes derivados del periodo de garantía, mala reputación de la empresa y pérdida de la cuota de mercado. Son pérdidas sufridas inicialmente por la sociedad, que acaban convirtiéndose en pérdidas para la propia compañía.

4.4.1.2 Función de Pérdidas

Taguchi se apartó de la sabiduría convencional, que suponía que calidad equivalía a producir dentro de los márgenes de tolerancia, y postuló que el costo de la mala calidad se incrementa con el alejamiento del valor de diseño, produciendo una pérdida para el cuerpo social. La función de pérdida vale cero cuando el desvío con respecto al parámetro objetivo es nulo y se incrementa cuadráticamente cuando los valores de los productos fabricados se acercan a los límites de tolerancia. En otras palabras, los productos cercanos a los límites de tolerancia son productos casi defectuosos y los gerentes deben trabajar para reducir la variabilidad de sus procesos de producción. La función de pérdida se define como:

$$L(y) = K(y - T)^2 \quad (14)$$

Donde:

- $L(y)$ indica la pérdida (en unidades monetarias) que sufre la sociedad;
- k es una constante específica de cada caso considerado;
- T es un valor objetivo que la dimensión de interés debe tener (T mide la calidad nominal o de diseño); y
- y es el apartamiento que la dimensión de interés presenta con respecto al valor objetivo, T .

En contraste con el pensamiento tradicional sobre la calidad, que solo penaliza los valores de y que superan los límites de tolerancia, Taguchi considera que todo apartamiento del valor objetivo es un costo para la sociedad y como tal debe ser penalizado.

4.4.1.3 Valor medio de la función de pérdidas

Si x es una variable aleatoria de media μ y desviación típica σ , la pérdida media es:

$$E(L) = k [(\mu - T)^2 + \sigma^2] \quad (15)$$

De esa expresión se deduce que el valor medio de la pérdida causada por un producto depende de dos sumandos: la distancia al valor nominal y la variabilidad del proceso de fabricación. El segundo mediante un diseño robusto del producto.

4.4.1.4 Diseño Robusto

El diseño robusto trata de averiguar los parámetros con los que un determinado proceso o producto es más *robusto* (insensible) al ruido, es decir a factores no controlables cuya variación afecta la característica de calidad de interés.

4.4.2 EL ENFOQUE DE TAGUCHI

Taguchi divide la etapa de diseño del producto en tres fases:

1. *Diseño del Sistema:* Consiste en el diseño conceptual o funcional del producto para responder a una necesidad del mercado. En esta fase utilizan conocimientos especializados del dominio. Incluye la selección de materiales, de equipos adecuados y parámetros iniciales del proceso. Para que una empresa sea competitiva necesita la investigación de nuevas ideas y de nuevas tecnologías; esas ideas deben seguirse mejorando continuamente sino pierden su ventaja competitiva.
2. *Diseño de Parámetros:* Es la etapa más importante en desarrollar un producto fiable. Pretende mejorar la funcionalidad del producto reduciendo su sensibilidad frente a variaciones en factores externos que puedan alterar las características de calidad que sean de interés. Consiste en la obtención de los valores nominales óptimos de esos factores. Para ello se basa en el Diseño de Experimentos, complementado con la relación S/N (señal/ruido).
3. *Diseño de Tolerancias:* Si simplemente aumentando la robustez del proceso, no es posible producir productos de calidad (con una función de pérdidas pequeña), se deberá invertir en maquinaria, materiales, etc, para reducir de ésta forma la variabilidad de las características del producto. Este paso pretende determinar las tolerancias sobre los valores de los productos que minimizan el coste (función de pérdidas) de un producto, tanto a corto como a largo plazo.

4.4.2.1 *Diseño de Parámetros*

El diseño de parámetros consiste principalmente en una estrategia de experimentación durante la etapa del diseño del producto o del proceso mediante la cual, con un análisis adecuado de los resultados se determinan los niveles de los factores o parámetros del diseño, bajo los cuales se obtienen productos que cumplen con el doble objetivo de presentar el atributo de calidad lo más cercano al valor deseado y con la mínima variabilidad.

La experimentación se realiza dos tipos de factores de los cuáles ya se ha hablado anteriormente y que se han denominado:

- Factores de Control.
- Factores Ruido.

Factores de Control, son los factores cuyos valores pueden ser seleccionados por el experimentador durante el diseño del producto (o proceso): temperatura, tiempo en el horno, porcentaje de enzima, tipo de material.

Factores Ruido, son aquellos que afectando el atributo de calidad del producto (bien en las fases iniciales de fabricación, o bien cuando el cliente utiliza el producto), no pueden ser controlados, bien por los costes que ello implica o por otras causas. Algunos de estos factores son: la temperatura ambiente en la línea de fabricación, el conocimiento por parte del operario del proceso, la humedad relativa cuando se utiliza el producto, etc.

4.4.5 MATRIZ DE DISEÑO

El arreglo ortogonal es una herramienta ingenieril que simplifica y en algunos casos elimina gran parte de los esfuerzos de diseño estadístico. Es una forma de examinar simultáneamente muchos factores a bajo costo. , Taguchi recomienda seleccionar dos diseños experimentales, uno para los factores controlables y otro para el ruido.

Taguchi ha simplificado el uso de este tipo de diseño al incorporar los arreglos ortogonales y las gráficas lineales, en contraste con los enfoques tradicionales. Los arreglos ortogonales son herramientas que permiten al ingeniero evaluar qué tan robustos son los diseños del proceso y del producto con respecto a los factores de ruido.

La nomenclatura dada para nombrar los arreglos ortogonales es $L_a(b^c)$ donde:

a = Número de experimentos (filas).

b = Números de niveles de cada factor.

c = número de factores e interacciones del arreglo (columnas).

Los arreglos pueden tener factores con muchos niveles, siendo los de dos y tres niveles los más encontrados comúnmente. Un arreglo L8 (2^7), por ejemplo, puede considerar siete factores con dos niveles cada uno, bajo ocho condiciones experimentales. Ver figura 31.

En el Anexo B, se pueden observar los diferentes arreglos ortogonales y las respectivas gráficas lineales.

Figura 30. Arreglo ortogonal L8 (2^7)

Experimento	Factores						
	1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

4.4.6 Asignación de Interacciones entre dos columnas

El Dr. Taguchi, recomienda que en lo posible los experimentos sean diseñados haciendo énfasis en los efectos principales. Pero que también podría haber situaciones en las cuales las interacciones deben ser realizadas.

El Dr. Taguchi ha ideado unas tablas triangulares específicas para ciertos arreglos y ayudar a los experimentadores en la asignación de factores e interacciones en una forma no arbitraria, y evitar posibles confusiones. Hay seis (6) matrices triangulares o tablas como ejemplo para los arreglos:

L4 (2^3), L8 (2^7), L12 (2^{11}), L16 (2^{15}), L64 (2^{63}), L9 (3^4), L18 ($2^1 \times 3^7$), L32 ($2^1 \times 4^9$) y L16 (4^5). Estas tablas triangulares, han sido colocadas junto a los arreglos para que sean utilizados conjuntamente.

4.4.7 Gráficos Lineales

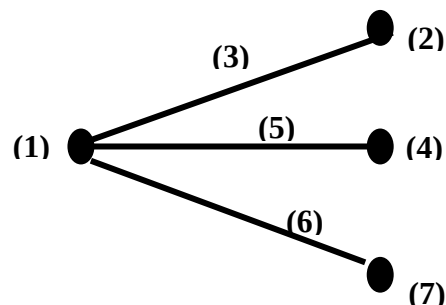
Una de las contribuciones del Doctor Taguchi al uso de los arreglos ortogonales en el diseño de experimentos son los Gráficos Lineales. Esas gráficas son diagramas equivalentes a tablas o matrices triangulares que representan la asignación de interacciones entre todas las columnas de un arreglo.

Los gráficos lineales son, por consiguiente una herramienta gráfica que facilita la complicada asignación de factores e interacciones.

Los gráficos lineales se usan de la siguiente forma:

- Los factores son asignados a los puntos de la gráfica.
- La línea que conecta los dos puntos indica la interacción entre dos factores.

Figura 31. Gráfico lineal para el arreglo L8 (2^7)



4.4.8 Análisis de Resultados

Existen varias maneras de realizar este análisis, tradicionalmente la forma más usual era el análisis estadístico de la varianza (ANOVA). Taguchi, enfatiza además en la importancia del estudio de la variabilidad de la respuesta usando la relación S/N, que simplemente es la relación entre la media (señal) y la desviación estándar (ruido).

Existen diferentes formulas para estimar el valor de S/N, pero se consideran tres formulas como las estándar, que son generalmente aplicables cuando la respuesta puede ser clasificada como: "mejor el mayor", "mejor el menor", o "mejor el nominal". Independientemente del tipo de característica que se este estudiando, la interpretación de la relación S/N es siempre de la misma forma: el mayor valor de la relación S/N es el mejor.

Figura 32. Formulas para estimar el valor de S/N, según la característica de calidad

<i>Lo mayor es lo Mejor</i>	$SN(db) = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum \frac{1}{y_i^2} \right)$
<i>Lo mínimo es lo mejor</i>	$SN(db) = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum y_i^2 \right)$
<i>Nominal es el mejor</i>	$SN(db) = 10 \log \left[\left(\frac{\overline{y^2}}{S^2} \right) - \frac{1}{n} \right]$

Donde los Y_i son cada una de las n observaciones dentro de cada factor controlable, y s , es la desviación típica muestral.

El procedimiento para analizar un experimento es el siguiente:

1. Se calcula la relación S/N para cada uno de los tratamientos o experimentos del arreglo ortogonal.
2. Los niveles para los factores controlables son seleccionados basados en el análisis S/N. El nivel de cada factor que tenga el promedio más alto de la relación S/N es seleccionado.
3. El análisis S/N es generalmente suficiente, pero en algunos casos también se examina los promedios (la media) para ayudar a seleccionar los niveles óptimos de cada factor.

Es importante sugerir que cuando se analiza un factor, del cual sus niveles no presentan gran diferencia o desviación entre sí, se dice que este factor no es significativo. Entonces se determina su nivel óptimo basándose en otro aspecto más relevante como por ejemplo, el económico.

4.4.9 Estimación de la condición optima.

Ya determinados los niveles óptimos de cada factor se toman como la mejor combinación del experimento, y a la cual es necesario calcularle el efecto promedio. Se espera que el resultado sea el efecto promedio más los efectos incrementales debido a cada factor de la mejor combinación.

Si el mejor efecto sobre todos es: μ_{mejor} , se puede estimar como: $\bar{\mu}_{\text{mejor}}$. Por ejemplo se tiene un experimento cuya mejor combinación resulto ser: A1, B1,

F2, D2 y G2, donde los literales (A,B,C,D,F y G) son los factores y los números (1 y 2) son los niveles.

$$\mu_{\text{mejor}} = \bar{T} + (\bar{A}_1 - \bar{T}) + (\bar{B}_1 - \bar{T}) + (\bar{F}_2 - \bar{T}) + (\bar{D}_2 - \bar{T}) + (\bar{G}_2 - \bar{T}) \quad (16)$$

Donde $\bar{T}$: Es el efecto promedio.

$(\bar{A}_1 - \bar{T})$: Es el efecto promedio debido a A_1 y la barra superior significa promedio.

Es importante determinar un intervalo de confianza para la mejor combinación, el cual Taguchi lo define con la siguiente formula.

$$I = \bar{\mu}_{\text{MEJOR}} \pm \sqrt{\frac{F_{.05}(1, f_e) V_e}{n_e}} \quad (17)$$

Donde;

V_e : varianza atribuida al error.

f_e : Grado de libertad del error.

I = es el Intervalo de confianza al 90% para μ_{mejor} . (Ver anexo C donde se muestra las tablas del estadístico F).

$$n_e = \frac{\text{Numero total de datos ordinarios}}{\text{Grados totales de libertad de los Factores usados para calcular } \mu_{\text{mejor}} + 1 \text{ para efecto medio.}} \quad (18)$$

4.5 AMFE (ANÁLISIS DEL MODO DE FALLOS Y EFECTOS)¹⁵

El análisis del Modo de Fallos y Efectos es una metodología que permite analizar la calidad, seguridad y/o fiabilidad del funcionamiento de un sistema, tratando de identificar los fallos potenciales que presenta su diseño / procesos, y por tanto tratando de prevenir problemas futuros de calidad. Se aplica por medio del estudio sistemático de los fallos (que se denominarán modos de fallo) y sus causas, partiendo de sus efectos. El estudio tendrá como objetivo la corrección de los diseños /procesos para evitar la aparición de los fallos.

El AMFE, es una herramienta de predicción y prevención, se puede aplicar dentro del proceso de diseño de nuevos productos, para los que se aplicará con el fin de validar los diseños desde el punto de vista funcional. También es aplicable a la mejora de productos ya existentes, y por otro lado a los procesos de fabricación, pero extendiéndose a cualquier tipo de proceso.

4.5.1 PRINCIPIOS Y OBJETIVOS

La metodología AMFE, contribuye a la mejora de la fiabilidad y del mantenimiento óptimo de un producto o sistema, a través de la investigación de los puntos de riesgo, para reducirlos a un mínimo, mediante acciones apropiadas.

Los principales objetivos del AMFE, son:

- Análisis de los fallos que pueden afectar a un producto o sistema y las consecuencias de aquéllos sobre éstos.
- Identificación de los modos de fallo, así como priorización de estos modos sobre los efectos en el producto o sistema de estudio, teniendo en cuenta diferentes criterios.
- Determinación de los sistemas de detección de los distintos modos de fallo y aseguramiento de los mismos a través de revisiones periódicas.

¹⁵ Fuente: Seis Sigma, Una iniciativa de calidad total, Gestión 2000.com

- Satisfacción del cliente (interno y externo) mediante la mejora de la calidad del proceso o del diseño del producto.

4.5.2 TIPOS DE AMFE

Se pueden establecer dos tipos de AMFE, dependiendo de la actividad sobre la que se realiza. Básicamente, el proceso de realización es el mismo. No obstante existen algunas pequeñas diferencias, fundamentalmente en cuanto a los diferentes elementos y objetivos del AMFE.

4.5.2.1 AMFE de diseño

Está orientado hacia el producto o servicio nuevo, cuando varíen las condiciones medioambientales o simplemente cuando se quiera realizar un rediseño de los mismos para su optimización.

En el AMFE de diseño es posible detectar un problema de fabricación que no tenga nada que ver con el diseño sino con las fases siguientes como la producción. Dado que a continuación del AMFE de diseño está encadenado y situado el AMFE de proceso, toda la información relativa a problemas de producción detectados en el AMFE de diseño será de gran utilidad e incluida en el posterior AMFE de proceso.

4.5.2.2 AMFE de Proceso

Es una consecución del AMFE de diseño, pero aplicado a la búsqueda de fallos y causas en el proceso de fabricación. Su objetivo es analizar las características del producto en relación al proceso de fabricación o de montaje, para lograr que las expectativas del cliente estén aseguradas.

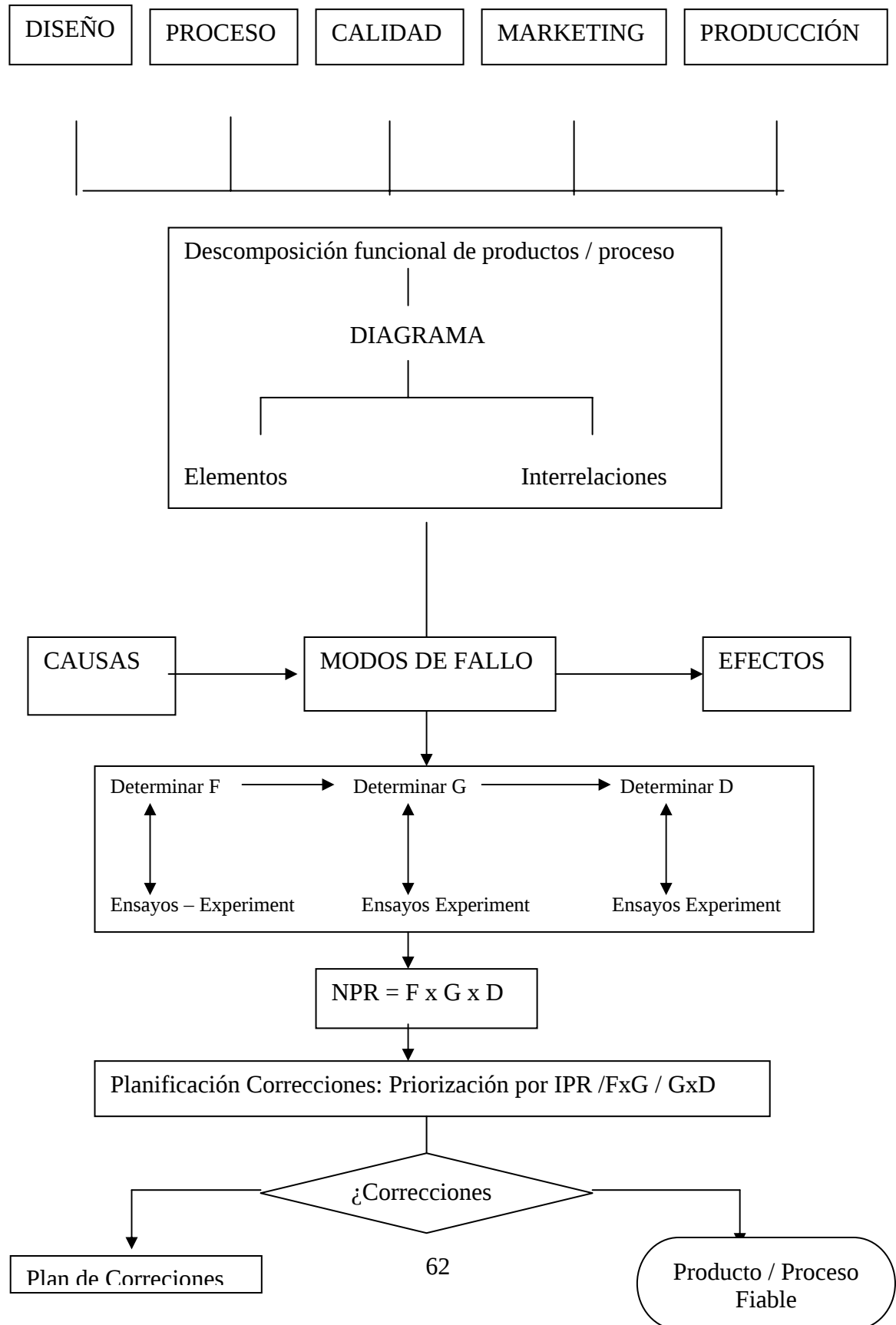
4.5.3 ELABORACIÓN DE UN AMFE

En el desarrollo de un AMFE, se parte del producto o proceso, y con la elaboración de un diagrama, donde aparecen todos los elementos posibles.

En la figura 34 se presenta esquemáticamente las etapas de elaboración de un AMFE.

Se parte del modelo básico (figura 33), el cual facilita la realización de un AMFE.

Figura 33: Etapas de Elaboración de un AMFE



4.5.4 METODOLOGIA

Para la aplicación del método AMFE, tanto para diseño como para proceso, se deben seguir las siguientes etapas:

Etapas 1: La primera información a introducir en el estudio es el nombre del producto, o pieza.

Etapas 2: Operación o función. Se completa de diferente manera según se trate de:

- AMFE de diseño: se incluyen las funciones de cada uno de los componentes.
- AMFE de proceso: se reflejan las operaciones que sufren cada uno de los componentes en su proceso de fabricación.

Etapas 3: *MODOS DE FALLO* Son la manera en que una pieza o sistema puede fallar potencialmente respecto a unas especificaciones dadas. Asimismo se considera fallo de un elemento cuando no cumple o satisface unas funciones para las cuales ha sido diseñado. Un fallo puede ocurrir, pero no necesariamente, de ahí exista la posibilidad de que el cliente no lo detecte, pero se debe considerar como tal.

También hay que tener en cuenta las condiciones extremas de funcionamiento, para encontrar modos potenciales de fallo, que en condiciones normales de trabajo no aparecerían.

Etapas 4: *EFFECTOS DE FALLO*. Los efectos de fallo tienen lugar como consecuencia de los fallos, cuando éstos se han dado; por otra parte, los efectos es lo que realmente se percibe como resultado del fallo, y a partir de ellos debe identificarse el modo de fallo; es conveniente que se identifiquen los efectos de forma que estén en consonancia con las observaciones y experiencias del cliente del producto.

De acuerdo con la percepción del cliente, pueden darse las siguientes categorías de fallos: sin consecuencias, ligeras molestias, descontento, gran descontento, Problema de seguridad.

Los efectos, además, deben ser evaluados globalmente, es decir, a parte de la importancia del efecto por sí mismo, se ha de tener en cuenta la repercusión sobre el sistema.

Etapa 5: COEFICIENTE DE GRAVEDAD (G ó VALOR 1). El coeficiente de gravedad es una valoración del perjuicio ocasionado al cliente por, única y exclusivamente, el efecto del fallo. Este coeficiente clasifica en una escala de 1 a 10, como puede apreciarse en la tabla, teniendo en cuenta: a) la insatisfacción del cliente; b) la degradación de las prestaciones, y c) el coste y tiempo de la reparación del perjuicio ocasionado.

Etapa 6: Cuando la gravedad sea 9 ó 10 y que la frecuencia de detección sean superiores a 1, se considera el fallo como crítico.

Etapa 7: *CAUSAS DE LOS FALLOS*. Las causas de fallos son la manera en que el modo de fallo puede ocurrir. Se deben relacionar todas las causas potenciales atribuibles a cada modo de fallo. Estas causas deben ser descritas lo más concisamente posible y en términos claros de forma que permitan llevar a cabo acciones correctivas que vayan dirigidas a causas concretas. Por tanto se debe evitar cualquier ambigüedad en su descripción.

Pueden existir una o varias causas para un único modo de fallo. Cuando son varias las causas que afectan a un modo de fallo, pueden ser independientes entre sí, pero es más frecuente que exista una relación de dependencia entre ellas, y convendría encontrar la relación que liga esa dependencia. Cuando el número de causas es elevado, se hace difícil hallar esta relación de dependencia, entonces es recomendable apoyarse en herramientas estadísticas, de las cuales el DDE o métodos de Taguchi, serían las más apropiadas para el objetivo.

Etapla 8: COEFICIENTE DE FRECUENCIA (F Ó VALOR 2). Se define como coeficiente de frecuencia, la probabilidad de ocurrencia de un modo de fallo, valorándose en una escala de 1 a 10. Equivale a la probabilidad compuesta de dos sucesos: que se produzca la causa y además que ésta dé lugar al modo de fallo.

Etapla 9: CONTROLES ACTUALES. Son todos los controles existentes en la actualidad para prevenir las causas del fallo y detectar el efecto resultante.

Etapla 10: COEFICIENTE DE DETECCIÓN (D Ó VALOR 3). Este coeficiente se refiere a la probabilidad de que la causa y/o modo de fallo, suponiendo que aparezca, llegue al cliente. Para este índice, al igual que los anteriores se utilizará una escala de 1 a 10. En realidad se refiere a la probabilidad de que no pueda detectarse el fallo y su causa antes de entregar el producto al cliente, es decir es un coeficiente de no detección más que de detección.

La detección es el grado de seguridad con el que se puede detectar, con los controles existentes, el modo y/o causa de fallo antes de que llegue al cliente.

Etapla 11: NÚMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO (NPR). El índice NPR se obtiene del producto del coeficiente de frecuencia (VALOR 1), de gravedad (VALOR 2) y el de detección (VALOR 3) (F, G Y D), con el fin de priorizar todos los fallos para llevar acabo posibles acciones correctoras, de forma que se tengan en cuenta la probabilidad de que se produzca el fallo, su gravedad y la probabilidad de que no sea detectado, dado que la importancia del fallo depende de que se den las tres circunstancias (un fallo frecuente pero que se detecta siempre, puede no tener más trascendencia).

El NPR se obtiene, como se dijo anteriormente, calculando el producto de la frecuencia, la gravedad y el índice de no detección para todas las causas de fallo.

$$\text{NPR} = F \times G \times D$$

$$\text{NPR} = 1 \times 2 \times 3$$

Por lo tanto, el NPR está escalado del 1 al 1000.

Deberá hacerse un seguimiento del NPR, y aplicar acciones correctivas para reducir los NPR elevados.

Etapas 12: Acciones correctivas. Se realiza una breve descripción de la acción correctiva recomendada. El orden de preferencia para las acciones correctivas es:

- Cambio en el diseño del producto o servicio.
- Cambio en el proceso de fabricación.
- Incremento en el control o de la inspección.

Etapas 13: Se indicará asimismo las personas encargadas del estudio del AMFE; también deberán indicarse las fechas del estudio y realización del AMFE.

Debe aparecer el nombre y el cargo de la persona responsable de dicho AMFE, que deberá dirigir, coordinar y supervisar a los participantes del mismo.

5. DEFINICIÓN DE LOS ATRIBUTOS DE CALIDAD

5.1 ANÁLISIS DE CRITICIDAD

El análisis de criticidad es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad operacional, basado en la realidad actual.

El análisis de criticidad crea una lista ponderada de las variables desde la de mayor criticidad hasta la menos crítica del total del universo analizado, diferenciando las zonas de clasificación en: alta criticidad, mediana criticidad y baja criticidad, una vez se han identificado esas zonas, es menos complejo el diseño de la estrategia, para realizar estudios o proyectos enfocados a mejorar las condiciones de operación del proceso, concentrando los esfuerzos en el conjunto de procesos o variables que forman parte de la zona de alta criticidad.

- **Alcance y objetivo**

El análisis se hace con el fin de identificar los atributos y factores de calidad de mayor importancia en la fabricación del calzado y que son considerados como críticos.

- **Criterios de importancia**

Para realizar la selección de los principales atributos de calidad que se tienen en cuenta en el calzado, se contó con la aprobación de personas con conocimiento en el tema, y se utilizaron como criterios:

1. La voz del cliente, tanto interno como externo.
2. Las variables que produzcan reprocesos y devoluciones.

Método de evaluación

Por medio de entrevistas directas, a cada una de las partes involucradas: usuarios finales y productores (de calzado ARISTON Sport y otras empresas locales que también se dedican a producir calzado masculino), a través de la metodología de lluvia de ideas, se podrá extraer una clasificación de calidades que tanto el cliente interno, como externo, tienen en cuenta en el calzado.

Posteriormente a través de la metodología AMFE, realizada a cada uno de los principales procesos de fabricación, *se lograrán conocer los factores que están incidiendo en algunos de esos atributos*, con las respectivas causas que los están generando, así como, la prioridad que deben tener y el señalamiento de los más críticos, dependiendo del Nivel de prioridad del Riesgo que presenten.

- **AMFE**

El AMFE, que se empleó fue el de *proceso*; aplicado a la búsqueda de fallos y causas en la línea de fabricación, con el fin de analizar los factores que están afectando al proceso de elaboración, para lograr asegurar las expectativas del cliente, debido a que, la manufactura de calzado se realiza en gran parte de forma artesanal, haciendo que intervengan varias operaciones y personas en la obtención del producto, alcanzando como resultado un proceso de fabricación con defectuosos detectados en su mayoría al final de la línea de producción. Los criterios de calificación para gravedad, probabilidad de ocurrencia y probabilidad de no detección son los siguientes:

Tabla 4. Criterios para la evaluación de la Gravedad

GRAVEDAD		CALIFICACIÓN
BAJA	No tiene mayores repercusiones sobre el producto final.	1 - 3
MODERADA	Conduce a realizar ajustes en el proceso antes de obtener el producto final.	4 - 7
ALTA	El fallo provoca reprocesos o desechos de producto.	7 - 9
MUY ALTA	El fallo es crítico provocando devoluciones del producto.	10

Tabla 5. Criterios para evaluar la probabilidad de ocurrencia

PROBABILIDAD DE OCURRENCIA		CALIFICACIÓN
MUY BAJA	Defecto que nunca ha sucedido	1
BAJA	Muy pocas veces ha sucedido en circunstancias pasadas similares	2 - 3
MODERADA	Fallos de cierta frecuencia en el pasado.	4 – 5 - 6
ALTA	Fallo muy frecuente en el pasado.	7 – 8 - 9
MUY ALTA	Fallo que se produce frecuentemente	10

Tabla 6. Criterios para evaluar la probabilidad de detección

PROBABILIDAD DE DETECCIÓN		CALIFICACIÓN
MUY ALTA	El efecto es obvio. Es poco probable que no sea detectado.	1 - 2
ALTA	El defecto es una característica de fácil detección.	3 - 4
MODERADA	El defecto podría pasar algún control pero sería detectado.	5 – 6 - 7
BAJA	El defecto es de difícil detección y con relativa frecuencia llega a la línea final de fabricación.	8 - 9
MUY BAJA	Defecto con gran probabilidad de llegar hasta la línea final de fabricación sin ser detectado.	10

La evaluación de cada uno de los fallos, con las respectivas causas y consecuencias calificados según los criterios establecidos anteriormente, se encuentran en el Anexo D.

Número de prioridad de Riesgo, (NPR) Crítico

Para escoger los NPR críticos a controlar, es necesario establecer un NPR, que determinará cuáles son los críticos. Se analizaron 34 variables posibles causantes de fallos, cada una de ellas se obtuvieron mediante la multiplicación de los tres factores gravedad (G), ocurrencia (O) y probabilidad de fallo (P). Se listaron y se obtuvieron las frecuencias de la tabla 4.

Las zonas de criticidad se definieron después de dividir en cuartiles la distribución de los datos. De esta forma quedaron tres zonas: la zona de baja criticidad corresponde al primer cuartil, la zona de mediana criticidad al segundo cuartil y la zona de alta criticidad al tercer y cuarto cuartil. De acuerdo a esas posiciones nos enfocamos en las variables con un NPR mayor al límite inferior del tercer cuartil, que como se puede ver en la siguiente tabla es de 162. Ya que en éstas dos zonas se encuentran las principales causas de fallos que inciden en los atributos de calidad.

Tabla 7. Tabla de frecuencias para los NPR obtenidos del AMFE

Valor NPR	Frecuencia	
28	1	
36	3	
40	1	
42	1	
54	1	
60	1	
64	1	
70	1	
108	1	
112	1	
120	1	
126	2	
162	2	
168	1	
180	1	
189	1	
216	1	
225	1	
254	1	
320	1	
324	1	
400	1	
504	2	
648	1	
720	1	
729	1	
810	3	
		34

Zona de
baja
criticida

Zona de
mediana
criticidad

Zona de
alta
criticidad

Con el fin de validar la elección de los NPR críticos, se realizó un análisis de frecuencias donde se calculó el porcentaje acumulado correspondiente al NPR mínimo establecido por la empresa. De acuerdo a éste análisis los NPR seleccionados como críticos son los que tienen un porcentaje acumulado superior al 50%. El análisis se encuentra en la siguiente tabla:

Tabla 8. Tabla del análisis de las frecuencias para el AMFE

Valor NPR	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
28	1	2,94%	2,94%
36	3	8,82%	11,76%
40	1	2,94%	14,71%
42	1	2,94%	17,65%
54	1	2,94%	20,59%
60	1	2,94%	23,53%
64	1	2,94%	26,47%
70	1	2,94%	29,41%
108	1	2,94%	32,35%
112	1	2,94%	35,29%
120	1	2,94%	38,24%
126	2	5,88%	44,12%
162	2	5,88%	50,00%
168	1	2,94%	52,94%
180	1	2,94%	55,88%
189	1	2,94%	58,82%
216	1	2,94%	61,76%
225	1	2,94%	64,71%
254	1	2,94%	67,65%
320	1	2,94%	70,59%
324	1	2,94%	73,53%
400	1	2,94%	76,47%
504	2	5,88%	82,35%
648	1	2,94%	85,29%
720	1	2,94%	88,24%
729	1	2,94%	91,18%
810	3	8,82%	100,00%
TOTAL	34	100,00%	

Acciones correctivas

Las acciones correctivas sugeridas para cada fallo en cada uno de los procesos según el NPR crítico, se encuentran en el Anexo E.

El proceso de soldadura no se evaluó mediante la metodología AMFE, debido a que tiene 12 causas para un único modo de fallo, lo que hace difícil determinar si poseen una relación de dependencia entre ellas; por lo tanto se va a analizar mediante la utilización de la herramienta estadística de *el método Taguchi*; ya que en este proceso se encuentra el fallo *más crítico*, el cual es el principal

causante de devoluciones y reprocesos, y que por ende se le debe dar mayor prioridad para encontrar una solución de control.

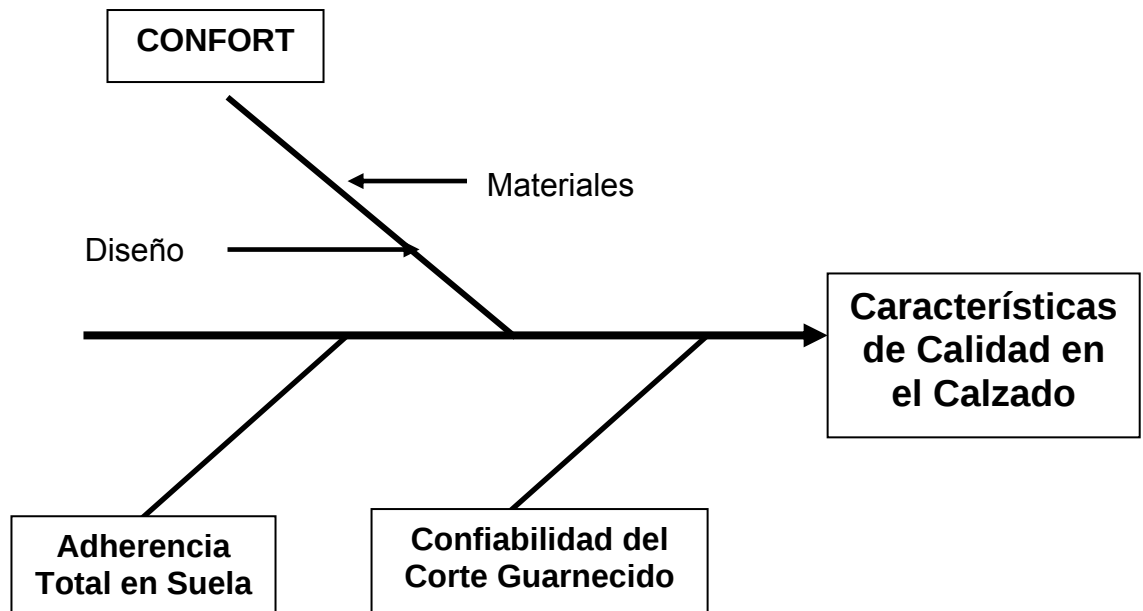
Como resultado de la aplicación de la metodología enunciada anteriormente se pudo extraer una clasificación de calidades que tanto el cliente interno, como externo, tienen en cuenta en el calzado; la primera, es la calidad que se aprecia por la vista y por el tacto, y es aquella que de forma inmediata revela unos datos para la aceptación o el rechazo del zapato, estos indicios son el aspecto general o parcial del calzado. En el aspecto del zapato, se puede analizar el colorido de las pieles, el acabado, la presentación, la configuración de la horma, el estilo y el atractivo del modelo. El precio sirve de término comparativo para los zapatos, en cuanto a sus componentes; el valor de venta del zapato, si está justamente reflejado, será el resultado de una serie de factores, en los que interviene no sólo los materiales, sino también el proceso de fabricación.

La calidad que se suele llamar invisible, que es aquella que aparece después de un tiempo de uso del zapato y está determinada por el confort, la resistencia de los materiales y la duración.

5.2 ATRIBUTOS DE CALIDAD

Después de ese análisis de las diferentes calidades que componen un zapato, se concluyó que los principales atributos de calidad a tener en cuenta en el calzado son: *el confort* que depende de los materiales y el diseño principalmente; en el cual se ve reflejado la calidad que es percibida por la vista por el tacto y la calidad invisible; *la adherencia total de la suela y confiabilidad del corte guarnecido*, en donde interviene el proceso de fabricación el cuál también influye en la calidad visible y principalmente en la calidad invisible o a largo plazo.

Figura 34: Diagrama Causa Efecto en Atributos de Calidad



5.2.1 CONFORT

Es todo lo que contribuye al bienestar del pie, de él depende la comodidad e incluso la higiene del pie, y está determinado por el diseño del modelo, fundamentalmente el de la horma y los materiales.

Debe tener una importancia prioritaria en el manejo de la calidad, ya que todos los esfuerzos de una fábrica por buscar un zapato de excelente calidad, buen precio y por ello altamente competitivo, pueden verse anulados por un calce defectuoso que suponga una pérdida de confort.

5.2.2 CONFIABILIDAD DEL CORTE GUARNECIDO

En el proceso de fabricación del calzado, el proceso de guarnición, es el más importante para el desarrollo de la producción, debido a que es donde se realiza la estructura del zapato, y sí es realizada de acuerdo a las

especificaciones, se puede agilizar el proceso de montaje y asegurar la mitad del proceso de elaboración.

La confiabilidad, en este caso está definida por una guarnición adecuada a las especificaciones de diseño.

5.2.3 ADHERENCIA TOTAL EN SUELA

Otro de los procesos más críticos en la fabricación del calzado es el de montaje y soladura, ya que es donde se realiza la construcción del zapato.

El proceso de ensuelado, depende de cierto número de variables para obtener el pegue adecuado entre el corte montado y la suela, lo cual hace que el proceso sea poco confiable, si no se tienen controladas, y obteniendo como resultado reprocesos y devoluciones; por lo tanto se deben asegurar las principales variables por las que se ve afectado, para asegurar la perfecta calidad en la construcción.

5.3 PRINCIPALES FACTORES QUE INCIDEN EN LOS ATRIBUTOS DE CALIDAD

La determinación de estos factores se hizo a partir del AMFE, así como los respectivos controles a ejercer, para disminuir su variabilidad.

5.3.1 FACTORES QUE INCIDEN EN EL CONFORT

Los factores por los que se ve afectado el confort son del diseño y los materiales.

5.3.2 FACTORES QUE INCIDEN EN LA CONFIABILIDAD DEL CORTE GUARNECIDO

La confiabilidad del corte guarnecido se ve afectada por:

- Calibre del desbaste.
- Modelado del zapato.
- Método de trabajo

5.3.3 FACTORES QUE INCIDEN EN LA ADHERENCIA TOTAL EN SUELA

Los factores por los que se ve afectado principalmente la adherencia total en suela son:

- Diseño y modelaje
- El tiempo de asimilación de la suela con el Halogenante o limpiador.
- La cantidad de Halogenante o limpiador aplicado a las suelas.
- La cantidad de pegante que se le aplica a la suela y al corte montado.
- El tiempo de asimilación del pegante en la suela y el corte montado.
- Tiempo en el horno reactivador del corte montado y las suelas.
- Tiempo que permanece el zapato en la bomba pegadora.
- Presión aplicada al zapato en la bomba pegadora.
- Temperatura del horno reactivador al introducir la suela y el corte montado.
- Cantidad de solución de isocianato adicionada al pegamento de poliuretano.
- Interacción entre la temperatura en el horno reactivador y el tiempo que permanece el corte montado y la suela en su interior.
- Interacción entre la temperatura en el horno reactivador y la presión ejercida en la bomba pegadora.
- Interacción entre el tiempo en el horno reactivador y la presión ejercida en la bomba pegadora.

6. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

6.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA

La adherencia total en suela, es uno de los principales problemas a los que se enfrentan las empresas productoras de calzado, y en especial ARISTON Sport, ya que genera la mayor cantidad de devoluciones por causa del despegue de la suela.

Por medio del AMFE (Análisis Modal de Fallos y Efectos), se encontró que el número de causas que afectan este modo de fallo, es elevado, por lo tanto para hallar esa relación de dependencia es recomendable el apoyo en una herramienta estadística, como el Diseño de Experimentos (DDE), o métodos Taguchi, que fue por el que se optó en este caso, debido a que por medio de éste método se reducen notablemente el número de experimentos a realizar y con esto, los costos que acarrearán su realización.

A través de la metodología Taguchi se pretende encontrar, los factores que influyen en la adhesión total de la suela, su valor y la combinación de factores que garantice ésta adhesión.

6.2 POSIBLES FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE EL ATRIBUTO DE CALIDAD

Los posibles factores que influyen en la adherencia total de la suela procedente del proceso de: montaje y soldadura, se describen a continuación; Para llevar a cabo ésta selección se partió del Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE), ya que a través de la numeración de las posibles causas que podían generar el fallo “despegue de la suela”, se pudo identificar varios factores que inciden en este atributo de calidad.

Los factores escogidos son:

- El tiempo de asimilación de la suela con el Halogenante o limpiador.
- La cantidad de Halogenante o limpiador aplicado a las suelas.
- La cantidad de pegante que se le aplica a la suela y al corte montado.
- El tiempo de asimilación del pegante en la suela y el corte montado.
- Tiempo en el horno reactivador del corte montado y las suelas.
- Tiempo que permanece el zapato en la bomba pegadora.
- Presión aplicada al zapato en la bomba pegadora.
- Temperatura del horno reactivador al introducir la suela y el corte montado.
- Cantidad de solución de isocianato adicionada al pegamento de poliuretano.
- Interacción entre la temperatura en el horno reactivador y el tiempo que permanece el corte montado y la suela en su interior.
- Interacción entre la temperatura en el horno reactivador y la presión ejercida en la bomba pegadora.
- Interacción entre el tiempo en el horno reactivador y la presión ejercida en la bomba pegadora

6.3 VARIABLE RESPUESTA

La variable respuesta de adherencia total en suela, está medida como Newton/cm.

Selección de características de calidad.

Hay tres tipos de características de calidad en la metodología Taguchi: el más pequeño es el mejor, el más grande es el mejor y nominal es lo mejor.

- En este experimento se desea aumentar la adherencia de pegue del corte montado a la suela, por lo tanto, el más grande es el mejor.

6.4 SELECCIÓN DE LOS PRINCIPALES FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE EL ATRIBUTO DE CALIDAD

La selección de los principales factores que tienen mayor incidencia en la adherencia total de la suela, se realizó teniendo en cuenta, aquellos que no tuvieran una alternativa por medio de la cual establecer un método para estandarizarlos y controlarlos, como lo son: Tiempo en el horno reactivador del corte montado y las suelas, Presión aplicada al zapato en la bomba pegadora, la Temperatura del horno reactivador al introducir la suela y el corte montado, e interacciones entre: a) la temperatura en el horno reactivador y el tiempo que permanece el corte montado y la suela en su interior, b) temperatura en el horno reactivador y la presión ejercida en la bomba pegadora, y c) tiempo en el horno reactivador y la presión ejercida en la bomba pegadora. El tiempo de asimilación de la suela con el Halogenante o limpiador, la cantidad de Halogenante o limpiador aplicado a las suelas, cantidad de pegante que se le aplica a la suela y al corte montado, el tiempo de asimilación del pegante en la suela y el corte montado, Cantidad de solución de isocianato adicionada al pegamento de poliuretano, son factores que se pueden controlar siguiendo las instrucciones que recomienda la empresa de pegantes “PEGAUCHO”, certificada por el ICONTEC, en ISO 9001, sobre el modo de empleo de los pegantes y soluciones.

Otro aspecto que se tuvo en cuenta para seleccionar el número de factores, es la restricción económica, por parte de la empresa, lo cual que imposibilitó la utilización de más factores en la ejecución del experimento, debido a que a mayor número de factores, se incrementa el valor de las pruebas, tanto por lo que se debe cancelar al laboratorio como por los materiales que se emplean en la realización de las muestras, ya que el número de éstas también aumenta.

Los principales factores a estudiar en la adherencia total de suela son:

1. Presión que se ejerce al zapato en la bomba pegadora.
2. Temperatura del horno reactivador al introducir la suela y el corte montado.
3. Tiempo en el horno reactivador del corte montado y las suelas.

4. Interacción entre la temperatura en el horno reactivador y el tiempo que permanece el corte montado y la suela en su interior.
5. Interacción entre la temperatura en el horno reactivador y la presión ejercida en la bomba pegadora.
6. Interacción entre el tiempo en el horno reactivador y la presión ejercida en la bomba pegadora

6.5 ELECCIÓN DE LOS NIVELES

Para determinar el valor del primer nivel de cada uno de los factores elegidos, se seleccionó a un operario calificado del proceso de soladura, que no fuese muy experto, ni tampoco inexperto y con base a la ejecución de su labor se estableció el primer nivel de cada factor.

Para establecer el valor del segundo nivel se escogieron algunas empresas de la industria, para tener mayor referencia sobre qué valores estaban utilizando para cada uno de los factores elegidos; también se acudió al conocimiento y experiencia de los técnicos de Pegaucho, específicamente el Señor Álvaro Zuleta, quién también trabaja con el SENA, Centro Nacional del Calzado y Manufactura del Cuero en la Regional Antioquia; Pegaucho, es la empresa que le provee el pegante a ARISTON Sport, la cual está certificada por el ICONTEC en ISO 9001.

Basados en la información obtenida por esas fuentes se establecieron los valores del segundo nivel.

Selección de factores de control y factores de ruido.

De acuerdo al numeral anterior en este estudio los factores controlables son: Presión que se ejerce al zapato en la bomba pegadora, Temperatura del horno reactivador al introducir la suela y el corte montado, Tiempo en el horno reactivador del corte montado y las suelas, los cuales fueron seleccionados porque pueden afectar potencialmente las características de calidad en procesos de adherencia total de la suela.

Uno de los atributos importantes del método Taguchi es también poder considerar factores incontrolables en el análisis (factores de ruido), para este caso se consideraron: condiciones de uso a las que son sometidos los zapatos después de la venta, y el desajuste en las máquinas (horno reactivador y Bomba pegadora).

Tabla 9. Selección de Factores y Niveles

FACTORES	NIVEL 1	NIVEL 2
Temperatura del horno reactivador. (Temh) (A)	250 °C	320 °C
Tiempo en el horno reactivador del corte montado y las suelas. (Th) (B)	24 Sg	30 Sg
AxB = interacción Temh x Th		
Presión que se ejerce al zapato en la bomba pegadora.(Pbp) (C)	60 lb	90 lb
A x C = interacción Temh x Pbp		
B x C = interacción Th x Pbp		

7. DISEÑO DEL EXPERIMENTO

El método Taguchi es una ayuda simple, eficiente y sistemática para optimizar diseños de calidad, funcionalidad y costo, a través de la selección de parámetros del proceso que reduzcan la sensibilidad del desempeño del sistema frente a fuentes de variación.

7.1 Selección del arreglo ortogonal y gráfico lineal apropiado

El método Taguchi ofrece diferentes arreglos ortogonales de acuerdo al número de factores, niveles e interacciones entre factores. En este caso el número de factores es seis, por lo tanto el arreglo ortogonal indicado es, el **L8 (2^7)**. Ver figura 36.

El gráfico lineal permite la ubicación de cada uno de los factores e interacciones en el arreglo ortogonal, los cuales se encuentran ya definidos para cada tipo. En el caso del L8 y teniendo en cuenta las interacciones que presenta el diseño, se utilizó el gráfico de la figura 37 b, para la asignación de las posiciones de los factores en el arreglo.

Figura 35. Arreglo ortogonal L8 (2^7)

Experimento	Factores						
	1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	1	1	1	1	0
2	1	1	1	2	2	2	0
3	1	2	2	1	1	2	0
4	1	2	2	2	2	1	0
5	2	1	2	1	2	1	0
6	2	1	2	2	1	2	0
7	2	2	1	1	2	2	0
8	2	2	1	2	1	1	0

Figura 36. Gráficos lineales para el arreglo L8 (2^7)

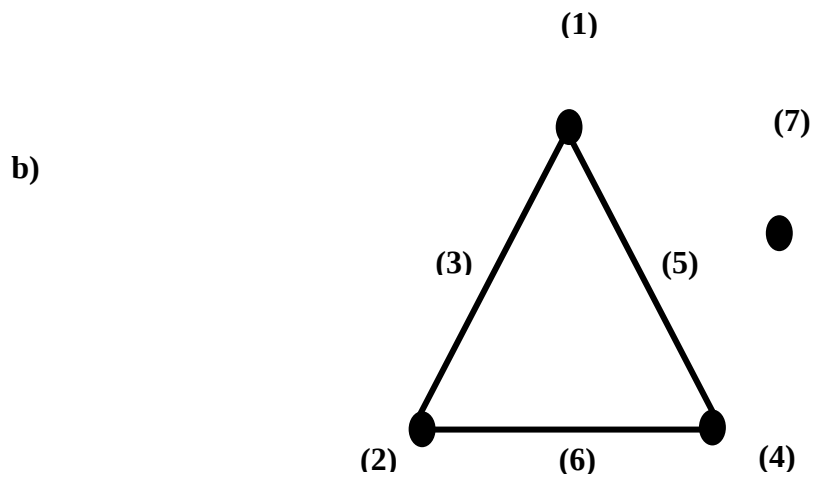
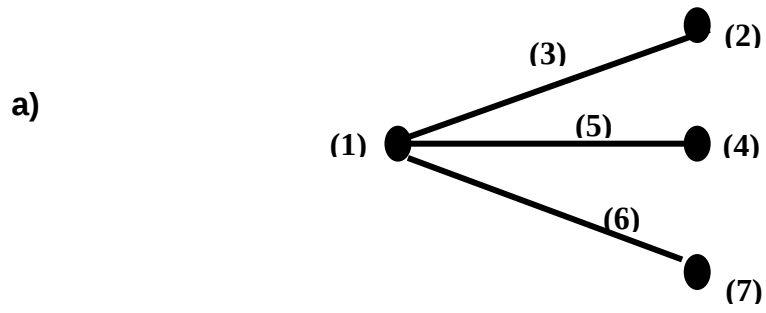


Tabla 10. Diseño de los experimentos de adherencia total en suela según arreglo L8

	FACTORES					
	1	2	3	4	5	6
EXPERIMENTO	Temperatura Horno (Teh) ° C	Tiempo en Horno (Tih) Sg	1 X 2	Presión Bomba (Pbp) lb	1 X 4	2 X 4
1	250	30	1	60	1	1
2	250	30	1	90	2	2
3	250	24	2	60	1	2
4	250	24	2	90	2	1
5	320	30	2	60	2	2
6	320	30	2	90	1	1
7	320	24	1	60	2	1
8	320	24	1	90	1	2

7.2 EJECUCIÓN DEL EXPERIMENTO

7.2.1 Muestras

Para llevar acabo el experimento se fabricaron dieciséis zapatos de la referencia 353, debido a que es el modelo que más devoluciones por despegue presenta. Se realizaron ocho muestras para las primeras pruebas y las otras ocho para las de repetición, teniendo en cuenta cada una de las combinaciones de la tabla 7, por ejemplo, para el primer experimento se fabricaron dos zapatos bajo las siguientes condiciones: una temperatura en el horno reactivador de 250 °C, tiempo en el horno reactivador 30sg, presión en la bomba pegadora 60lb;

Figura 37. Muestras a utilizar en las pruebas



7.2.2 Laboratorio de pruebas y ensayos de calzado

El laboratorio donde se realizaron los ensayos fue en el laboratorio de control de calidad para cuero y calzado del CENTRO NACIONAL DEL CALZADO Y MANUFACTURA DEL CUERO, del SENA, ubicado en Medellín, el cual cuenta con acreditación del Sistema Nacional de Normalización, Certificación y Metrología, de la Superintendencia de Industria y Comercio de Colombia, obtenida en Junio 22 de 2001 según resolución No. 20231. La acreditación del laboratorio, incluye ensayos referentes a materias primas, insumos y productos terminados. Ver listado de pruebas Anexo F.

La prueba que se realizó fue, resistencia a la adhesión suela a la capellada, según la norma NTC 2038. Esta prueba se lleva a cabo después de haber acondicionado las muestras, durante 24 horas a una temperatura de $22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$; se fija el zapato entre las mordazas de un dinamómetro, para separar la suela del corte. El valor se reporta en Newton (N) por centímetro (cm).

7.2.3 Máquinas Utilizadas

Dinamómetro Universal, pie de rey digital y cortadora sin fin.

7.2.4 Ejecución de los ensayos

Para cada experimento se hicieron dos pruebas identificadas por 1 para las primeras pruebas y 1A para su repetición, con un total de 16 ensayos.

Para ello se hizo una aleatorización de los ensayos quedando de la siguiente manera: 4, 3, 6 A, 5, 2 A, 7 A, 3 A, 8, 1 A, 2, 4 A, 8 A, 7, 5 A, 1, 6

7.2.5 Acondicionamiento y Temperatura del ensayo

Las muestras tuvieron un tiempo de acondicionamiento de 24 horas a una temperatura entre 20 °C y 22 °C.

8. ANÁLISIS DE DATOS

Una vez acondicionadas las muestras, se procedió a determinar en una máquina universal de ensayos la resistencia a la separación entre partes unidas, el valor promedio se reporta en Newton (N) por centímetro (cm.).

Los datos sobre la resistencia a la separación de cada una de las muestras, se encuentran en las tablas 8 y 9 y en el Anexo G.

Tabla 11. Datos experimentales. Primeras ocho pruebas

EXPERIMENTO	ADHERENCIA SUELA CAPELLADA N/cm.
1	49.2
2	55.4
3	65.7
4	70.3
5	54.2
6	66.3
7	71.2
8	74.3

Tabla 12. Datos experimentales. Pruebas de Repetición

EXPERIMENTO	ADHERENCIA SUELA CAPELLADA N/cm.
1 A	49.8
2 A	55.9
3 A	65.1
4 A	70.6
5 A	54.8
6 A	66.5
7 A	71.7
8 A	74.6

8.1 Tabla de sumas de nivel.

Son tablas calculadas con la suma de los datos obtenidos con cada nivel de los diferentes factores en el arreglo ortogonal. Con estos valores se calculan las diferencias entre niveles, las cuales reflejan en buena parte la variabilidad en los datos y son el primer indicativo de la relevancia de los mismos.

Por ejemplo, de acuerdo al arreglo ortogonal y los datos tomados de las tablas 8 y 9, las sumas de los niveles 1 y 2, para el factor Teh (temperatura en el horno reactivador) serían:

$$S_{\text{(Nivel 1)}} = 49.2 + 55.4 + 65.7 + 70.3 + 49.8 + 55.9 + 65.1 + 70.6 = 482$$

$$S_{\text{(Nivel 2)}} = 54.2 + 66.3 + 71.2 + 74.3 + 54.8 + 66.5 + 71.7 + 74.6 = 533.6$$

Los valores calculados se muestran en la tabla 10.

Tabla 13. Diferencia entre niveles

FACTORES	Teh	Tih	Teh X Tih	Pbp	Teh x Pbp	Tih x Pbp
NIVEL 1	482	452.1	502.1	481.7	511.5	515.6
NIVEL 2	533.6	563.5	513.5	533.9	504.1	500
DIFERENCIA	-51.6	-111.4	-11.4	-52.2	74	15.6

De acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla anterior, se puede realizar una primera aproximación sobre el grado de influencia que tiene cada factor en la variación total: el factor Tih (tiempo en el horno reactivador), es el que mayor importancia presenta en la variación total, seguido por los factores Pbp (presión en la bomba pegadora) y Teh (temperatura en el horno reactivador); las interacciones Teh x Pbp y Tih x Pbp son las mas significativas y la interacción Teh X Tih, influye muy poco con respecto a los demás factores.

8.2 Análisis de señal ruido y gráfica de niveles

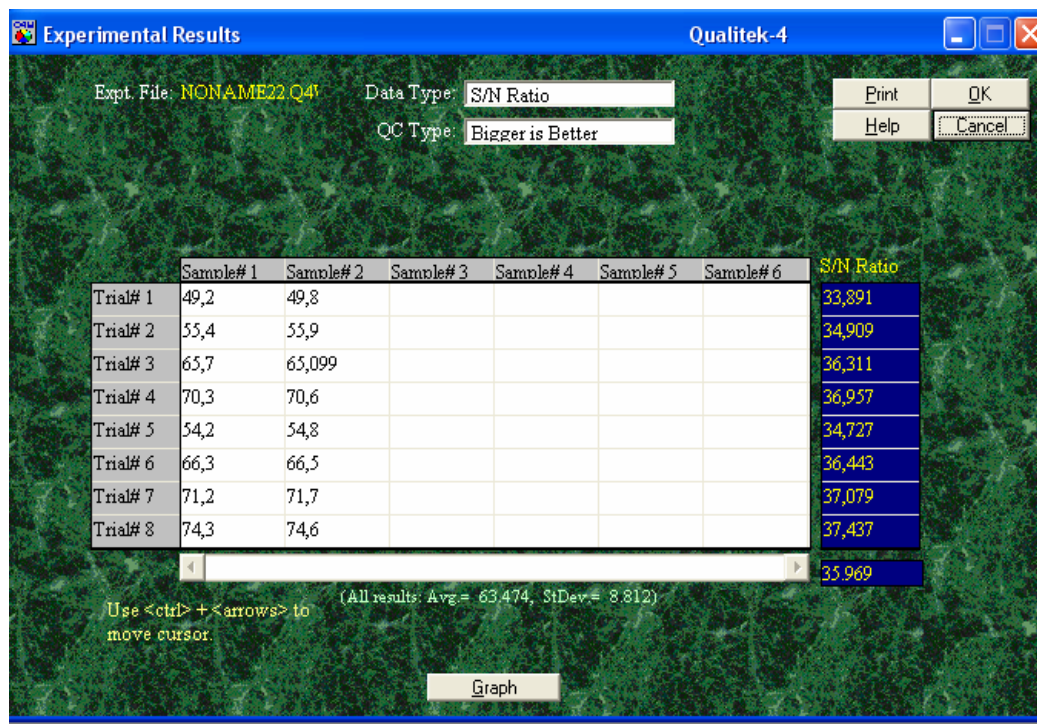
Con el objetivo de ampliar el estudio de los resultados obtenidos en las tablas de diferencia de niveles a la característica de calidad, se utilizó como herramienta para el análisis del diseño del experimento, el software QUALITEK – 4 , que permite el manejo y análisis de datos de manera clara y didáctica. Al programa se le ingresan los datos relacionados con el tipo de arreglo y los resultados obtenidos en los experimentos:

- Tipo de arreglo ortogonal: L8 (2^7)
- Tipo de Datos: Relación S/N
- Tipo de característica de calidad: el más grande es el mejor, en este caso.

Los datos son introducidos seleccionando la opción results en el menú principal del software, y se siguen realizando los cálculos según las instrucciones para obtener el análisis de la relación señal – ruido en cada experimento.

Según el programa la relación señal-ruido para cada experimento es la siguiente:

Figura 38. Relación Señal - Ruido para cada experimento



De acuerdo a los resultados obtenidos por el programa, de la relación de señal-ruido, y teniendo en cuenta la variable respuesta, el más grande es el mejor, el experimento que presenta los mejores resultados es el número 8, con un valor de señal-ruido de, 37.437, el cual trabajó con la combinación factor 1 nivel 2, factor 2 nivel 2, factor 4 nivel 2.

Hasta el momento se han determinado los factores más influyentes, pero no se han establecido los niveles que presentan el mejor comportamiento. Para la fijación de los niveles se utilizó el análisis de medias, tomando como base la

característica de calidad (lo más grande es lo mejor). Este análisis lo realizó el programa (ver figura 39), donde los niveles contienen los valores promedio de cada uno de los factores y la diferencia entre ellos, permite conocer los efectos principales de los resultados. Para tener mayor criterio en la fijación de los niveles se analizaron gráficamente los promedios de cada nivel, mediante la visualización gráfica que ofrece el programa en forma instantánea, donde muestra un eje coordenado en el que gráfica cada factor, ver figura 40.

Figura 39. Relación Señal - Ruido de cada factor en cada nivel

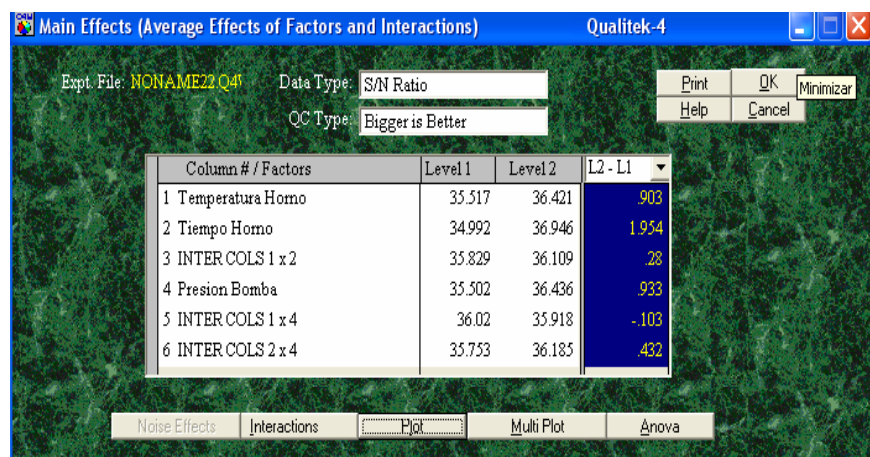
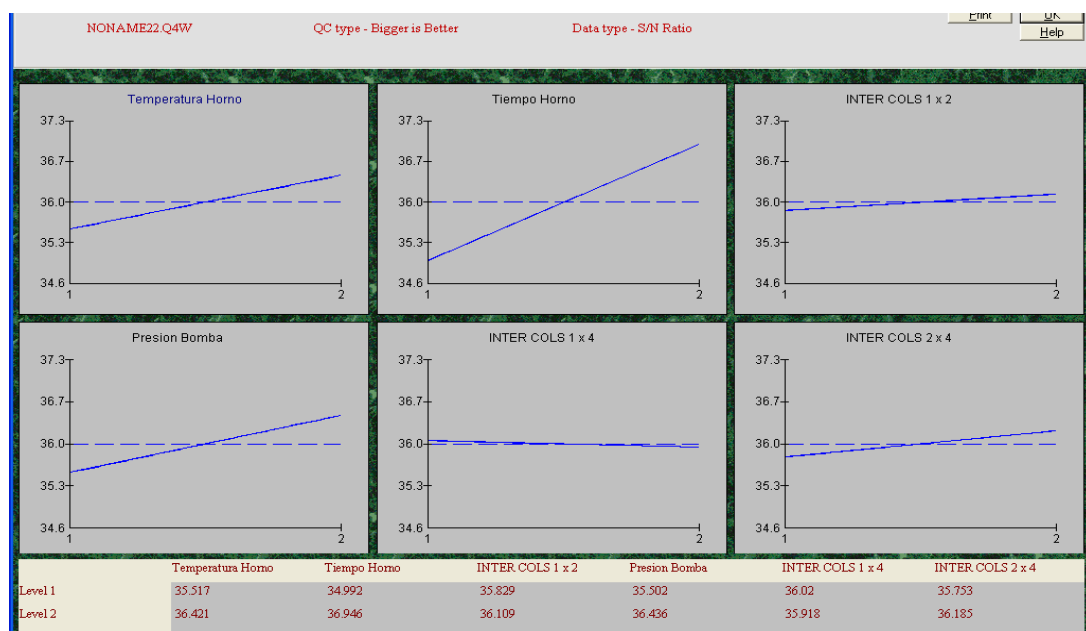


Figura 40. Gráficas de factores e interacciones



Los niveles que representan el mejor comportamiento del proceso son los que tienen el mayor valor para cada recta de la gráfica, o mejor pendiente. Esto arroja como resultado que la mejor combinación de acuerdo a la anterior figura es la determinada por el nivel 2, para: la temperatura en el horno (320 ° C), tiempo en el horno (30 Sg) y la presión en la bomba pegadora (90lb).

La diferencia entre los niveles para cada factor, como se dijo anteriormente determina su significación dentro del proceso, en este caso el tiempo en el horno reactivador, representa una gran influencia como lo muestra la columna L2 – L1 de la figura 40, así como la presión en la bomba y la temperatura, pero en menor proporción, mientras que las interacciones no constituyen una diferencia importante.

8.3 Tabla ANOVA

Es una herramienta estadística en donde a partir del análisis de varianza se encuentra la significancia de cada uno de los factores y su efecto relativo sobre la característica de calidad, incluyendo elementos que se consideran atribuibles al error experimental. Despliega los cálculos estadísticos necesarios para el análisis del comportamiento de los factores, la figura 41 muestra la presentación de la tabla ANOVA.

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6$$

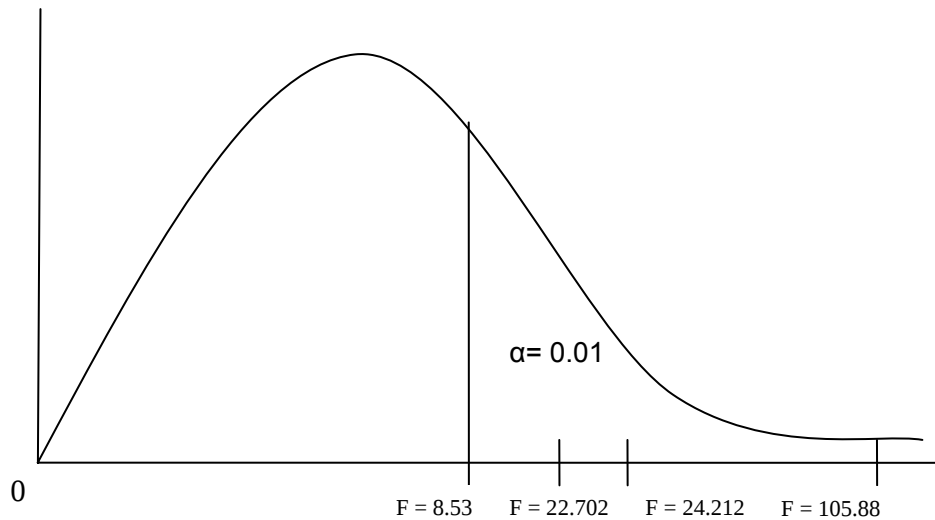
$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5 \neq \mu_6$$

Figura 41. Tabla ANOVA

Col# / Factor	DOF (f)	Sum of Sqs. (S)	Variance (V)	F-Ratio (F)	Pure Sum (S')	Percent P(%)
1 Temperatura Horno	1	1.636	1.636	22.702	1.564	13.383
2 Tiempo Horno	1	7.632	7.632	105.888	7.56	64.682
3 INTER COLS 1 x 2	1	.157	.157	2.178	.084	.726
4 Presion Bomba	1	1.745	1.745	24.212	1.673	14.314
5 INTER COLS 1 x 4	(1)	(.02)		POOLED	(CL= *NC*)	
6 INTER COLS 2 x 4	1	.373	.373	5.183	.301	2.579
Other/Error	2	.143	.071			4.316
Total:	7	11.689				100.00%

De acuerdo a los resultados arrojados por la ANOVA, al evaluar los factores con un $\alpha = 90\%$, donde la razón F, con un grado de libertad de los factores y dos grados de libertad del error, según la tabla, $F = 8.53$, se puede concluir que los factores Tiempo en el horno ($F = 105.88$), Temperatura en el horno ($F = 22.702$) y presión en la bomba ($F = 24.212$), son significativos con un 90% de confianza, es decir que se rechaza la hipótesis nula, en éstos factores, y por lo tanto las medias de cada uno de ellos son diferentes, lo cual indica que los factores influyen significativamente en la resistencia a la adhesión, y que la varianza es verdaderamente importante para el experimento con un pequeño margen de error.

Figura 42. Distribución F



8.4 Estimación de la condición óptima

Una vez analizados cada uno de los factores considerados como los más influyentes y con mejor comportamiento relativo a la variable respuesta (ver figuras de ANOVA y relación señal ruido para la característica de calidad). Se espera de ellos, los mejores resultados del proceso durante la corrida de verificación.

❖ Condición óptima para la Adhesión

De acuerdo a la figuras 40 y 41 se hace el siguiente análisis:

- *Temperatura en el Horno Reactivador:* Es un factor significativo en la variabilidad, ya que la temperatura es la encargada de reactivar el pegante en la suela y el corte guarnecido antes de su unión; Se determinó que el nivel más aconsejable es el *nivel 2* (320°), con valor promedio de 36.421 y un $F = 105.88$; a este valor la adhesión presenta buen comportamiento.

- *Tiempo en el Horno Reactivador:* Es el factor más influyente en la variabilidad. Es importante destacar que su valor no debe ser muy alto por que se puede derretir la suela, ni muy bajo que no permita activarla, y por ende la adhesión no va a tener muy buen resultado. Hay que tener en cuenta que el valor de ese tiempo también depende del valor de la temperatura que se haya seleccionado, aunque los resultados de la interacción no demuestren una variabilidad considerable, debido a que sí el tiempo al que se deja expuesto el corte y la suela es un valor bajo la temperatura debe ser acorde con ese valor, para obtener buenos resultados. El nivel seleccionado fue el 2 (30 sg), con un promedio de 36.946, y un F = 105.88.
- *Presión Ejercida en la Bomba Pegadora:* Su influencia es significativa en la variabilidad, afecta la adhesión del corte a la suela, debido a que es la encargada de su unión. Este factor también se debe establecer aún valor adecuado, por que sí se pasa del límite puede estallar el zapato y sí es muy bajo se pueden presentar problemas de despegue. El nivel seleccionado fue el 2 (90 lb), con un promedio de 36.436 y un F = 24.212.

❖ **Determinación del efecto promedio.**

Una vez determinada la mejor combinación, se estimó el efecto promedio $\bar{\mu}_{MEJOR}$ de esta combinación. Se espera que este efecto promedio sea el producido en la experimentación realizada más los efectos incrementales debido a los factores que dan teóricamente el mejor comportamiento.

$$\bar{\mu}_{MEJOR} = \bar{T} + (\overline{F1_2} - \bar{T}) + (\overline{F2_2} - \bar{T}) + (\overline{F3_2} - \bar{T}) = 76.925 \text{ N/m}$$

Donde $\bar{T}$ es el valor promedio de los datos, tablas 8 y 9, cada resta en los paréntesis es el efecto incremental debido al factor en el mejor nivel. Esto quiere decir que esta estimación debería ser la desviación estándar promedio para dicha característica de calidad.

$$\bar{T} = 63.475$$

$$\overline{F1_2} = 533.6/8 = 66.7$$

$$\overline{F2_2} = 563.5/8 = 70.4375$$

$$\overline{F3_2} = 533.9/8 = 66.7375$$

$$\bar{\mu}_{MEJOR} = 63.475 + (66.7 - 63.475) + (70.4375 - 63.475) + (66.7375 - 63.475)$$

$$\bar{\mu}_{MEJOR} = 76.925 \text{ N/m}$$

❖ **Intervalo de confianza.** Se calcula el intervalo de confianza para la mejor combinación, es decir, el rango dentro del cual debería moverse la desviación estándar para que el proceso sea efectivamente más estable:

$$IC_{(10\%)} = \bar{\mu}_{mejor} \pm \sqrt{\frac{F_{0.1(1, f_e)} \sigma_e^2}{n_e}}$$

Donde:

- σ^2 es la varianza atribuida al error (0.071)
- F es la razón F al 10% de significancia (8.53)
- $n_e = 16/4 = 4$ (ecuación 18)

Se determina este rango estimado que va a ser la referencia para los datos obtenidos en la corrida de validación. Una vez evaluado para el conjunto de factores óptimos, se obtiene que:

Intervalo de confianza: 76.925 +/- 0.3891 [N/m]

Rango de Adherencia: 76.5359 a 77.3141 [N/m]

8.5 Experimentos de verificación para la mejor combinación

Para llevar acabo la corrida de validación se emplearon dos muestras de zapatos con las mismas características de los utilizados en la fase de experimentación, y bajo los niveles seleccionados en la condición óptima.

Realizada la corrida de validación con los niveles de los factores seleccionados en el análisis experimental, los datos son los siguientes:

Tabla 14. Valores de adherencia para la prueba de verificación

DATOS	ADHERENCIA SUELA CAPELLADA
	N/m
1	76.5
2	76.6

➤ Una vez recopilados los datos se cálculo el promedio y la varianza atribuida al error de cada uno de ellos. El valor del promedio debería estar dentro del rango estimado para la mejor combinación del experimento.

Promedio de los valores = 76.7

$$\sigma^2 = 0.05$$

Se calcula el rango de valores estimado para la mejor combinación, con base en la siguiente formula:

$$IC = \hat{\mu}_{mejor} \pm \sqrt{F_{.1(1, f_e)} \sigma_e^2 \left[\frac{1}{n_e} + \frac{1}{r} \right]}$$

r = número de pruebas de verificación = 2.

σ_e^2 = es la varianza atribuida al error (0.08)

La razón F (1) = 8.53

$$n_e = 4$$

El estimado de la mejor combinación (μ_{mejor}), es el calculado anteriormente con base en los datos de la experimentación, es decir 76.925

Evaluando dichos términos se obtuvo:

Intervalo de confianza = 76.925 ± 0.2308 [N/m]

Rango de adherencia: 76.694 a 77.1558 [N/m]

El promedio obtenido en la corrida de validación se encuentra dentro del rango de valores estimado para la mejor combinación. Esto nos permitió concluir que los factores y niveles seleccionados producen una menor variabilidad en el proceso de pegado y por lo tanto se garantiza la adherencia suela capellada en la referencia 353.

9. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados más significativos, que podrá obtener ARISTON Sport, mediante este estudio los logrará a medida que se vayan implementando las acciones correctivas y controles sugeridos en el confort y en la confiabilidad del corte guarnecido, así como los resultados obtenidos mediante la aplicación del método Taguchi en cuanto a la resistencia a la adhesión suela – capellada.

Los resultados que se han obtenido mediante este estudio son los siguientes:

- Se ha logrado establecer cuáles son los atributos de calidad que son más importantes, tanto para el cliente interno como externo, a través de una lluvia de ideas, en la que participaron usuarios finales y productores (de calzado ARISTON Sport y otras empresas locales que también se dedican a producir calzado masculino.
- La utilización de la metodología AMFE, permitió identificar los principales factores que inciden en los atributos de calidad, en cada uno de los procesos; así como implantar las acciones correctivas necesarias para evitar que los fallos se vuelvan a presentar.
- La utilización de la metodología Taguchi, con la ayuda del software Qualitek – 4, permitió determinar que, la resistencia en el pegado de un zapato si cambia al alterar ciertos factores, considerados como los más influyentes en este proceso; los cuáles son: temperatura en el horno reactivador, tiempo en el horno reactivador, y presión en la bomba pegadora, con sus respectivas interacciones.
- Se determinaron los valores en los cuales se presenta mayor adherencia entre el corte guarnecido y la suela, en la referencia 353, y por lo tanto los que deben utilizar los operarios al realizar este proceso, a través de la aplicación de la metodología Taguchi.

10. CONCLUSIONES

- Mediante el análisis de criticidad se logró determinar los principales atributos de calidad, de cara al cliente tanto interno como externo: EL CONFORT, CONFIABILIDAD DEL CORTE GUARNECIDO Y ADHERENCIA TOTAL EN SUELA.
- Por medio del Análisis Modal de Fallos y efectos se detectaron los principales factores que están incidiendo en los atributos de calidad y que están generando fallos en cada uno de los procesos productivos; lo que condujo al planteamiento de acciones correctivas o de mejora. (Ver ANEXO D).
- Se aplicó una herramienta muy importante en el manejo de la calidad, como lo es la metodología Taguchi en la industria del calzado; la cual realiza sus productos, casi en su totalidad artesanalmente, demostrando así que la ingeniería por medio de la aplicación de herramientas estadísticas, permiten contribuir con el mejoramiento de sus productos y por lo tanto con su desarrollo y competitividad.
- Una de las ventajas de los diseños de experimentos y especialmente el de la metodología Taguchi, es el de sugerir realizar experimentos confirmatorios o corridas de validación para ratificar la combinación de los factores y niveles seleccionados y establecidos como óptimos. Lo cual se pudo verificar en este estudio, mediante la corrida de validación, la cual comprobó que los factores y niveles seleccionados producen una menor variabilidad en el proceso de pegado y por lo tanto se garantiza la adherencia suela capellada en la referencia 353. los factores y niveles seleccionados fueron los siguientes:

FACTOR	NIVEL
Temperatura en el Horno	320 ° C
Tiempo en el Horno	30 Sg
Presión en la Bomba	90 lb

- El factor que influye principalmente en la adhesión de la suela a la capellada, en la referencia 353, es el tiempo que permanece el zapato en el horno, debido a que es el que determina el grado de reactivación de la suela y el corte, seguido en menor proporción por la presión en la bomba pegadora, que también es un factor determinante, ya que es el encargado de unir la suela al corte guarnecido y de la temperatura que también es la encargada de reactivar.
- Por medio de la aplicación de la metodología Taguchi, se encontró una combinación de factores y niveles que garantiza mejorar la calidad de la referencia 353, de calzado Ariston Sport, en cuanto a adherencia suela capellada, principal motivo de devoluciones y reprocesos, mediante un proceso de experimentación que finalmente no resulta muy costoso, sí se compara con otros diseños experimentales, y si se analizan las ventajas que trae consigo a largo plazo para la empresa (satisfacción del cliente).
- El presente proyecto se constituye en una valiosa referencia para nuevos proyectos, orientados al mejoramiento de la calidad del producto y de los procesos de fabricación de calzado; dado que en Santander y en general en Colombia no se cuenta con suficiente material bibliográfico relacionado con el tema.

11. PROPUESTAS

De acuerdo a los resultados obtenidos en el experimento y mediante el AMFE (Análisis Modal de Fallos y Efectos), se recomienda:

1. Para garantizar la adherencia total en suela es necesario estandarizar los procesos de montaje y soldadura, de acuerdo al siguiente procedimiento:

PROCESO DE MONTAJE Y SOLDADURA
OBJETIVO: Estandarizar los procesos de montaje y soldadura, para disminuir la variabilidad producida principalmente por los métodos de trabajo empleados.
PROCEDIMIENTO: 1. Utilizar recipientes plásticos diseñados especialmente para almacenar los adhesivos; así como emplear medidores adecuados para preparar las proporciones a mezclar con los diferentes adhesivos. (Ver capítulo 2.2. Descripción detallada del proceso productivo), ya que se está almacenando en recipientes no herméticos y utilizando como instrumento a medir la intuición. 2. Delegar a una persona para que prepare la cantidad de adhesivo y Halogenante, a utilizar en el montaje y en el ensuelado. 3. Encargar a dos personas de realizar el proceso de soldadura, ya que actualmente lo están llevando a cabo cuatro personas y cada una lo ejecuta bajo sus conocimientos y experiencia, lo cual hace que los resultados obtenidos no sean los más indicados.

4. Cuando se esté fabricando la referencia 353, el proceso de pegado se debe llevar bajo las siguientes condiciones:

-Temperatura a la que debe permanecer en el horno reactivador la suela y el corte es de 320 ° C.

-Tiempo en el horno reactivador de 30 Sg.

-Presión que se debe ejercer al zapato en la bomba pegadora es de 90lb.

5. Para fabricar zapatos de otras referencias, se deben seguir los siguientes lineamientos, de acuerdo al conocimiento y experiencia de los técnicos de Pegaucho, específicamente el Señor Álvaro Zuleta, quién también trabaja con el SENA, Centro Nacional del Calzado y Manufactura del Cuero en la Regional Antioquia; Pegaucho, es la empresa que le provee el pegante a ARISTON Sport, la cual está certificada por el ICONTEC en ISO 9001:

PEGANTE	TIPO DE SUELA
LIMPIADOR	PVC, PVC Expanso, POLIURETANO
HALOGENANTE	CAUCHO Y TR

TIPO DE SUELA	TIEMPO DE REACTIVACIÓN EN EL HORNO	TEMPERATURA DE REACTIVACIÓN EN EL HORNO
CAUCHO	27Sg a 30Sg	250 °C y 300 ° C
POLIURETANO (PU)	20sg a 23sg	200 ° C
TR	24sg a 27sg	250 ° C
PVC Expanso	23sg a 25sg	250 ° C

TIPO DE SUELA	PRESION EN BOMBA PEGADORA
CAUCHO	80 lb y 90 lb
POLIURETANO (PU)	60 lb y 70 lb
TR	70 lb y 80 lb
PVC Expanso	60 lb y 70 lb

2. En el proceso de desbaste, se debe comprar un medidor calibrador de espesores para controlar que la calibración de la máquina desbastadora sea la adecuada, y de ésta forma garantizar que cada pieza de cuero tenga el calibre y ancho adecuado, evitando problemas de desgarre en procesos posteriores y obtener dobleces sutiles y seguros.

3. Para ejercer un mejor control del proceso, que asegure la calidad del producto, sería conveniente encargar a una persona específicamente de la inspección de la calidad en cada uno de los procesos. Ésta persona debe conocer perfectamente cada una de las etapas por las cuales pasa el zapato, así como poseer las aptitudes necesarias para tener dominio del trabajo, sentido de la perfección, carácter y criterio para dar instrucciones. Sí la persona elegida no posee el conocimiento suficiente de cada proceso, se le debe brindar capacitación, ya que en la elaboración del calzado intervienen una gran cantidad de operaciones en las que debe estar siempre presente la mirada detallista de la persona que decide lo conveniente, es decir, que tenga la capacidad de aceptar o rechazar un trabajo, después de haber detectado un defecto.

4. Hay que tener en cuenta que en una fábrica de calzado pueden intervenir hasta cerca de 200 operaciones distintas en la elaboración, dependiendo del tipo de modelo; pero en cualquier caso, el número elevado de trabajos y el porcentaje de éstos, que se realiza de forma manual, requieren de una especialización tal que, la experiencia, la fiabilidad y la formación del trabajador, juegan un papel importante en el desarrollo y construcción del zapato; todo esto acompañado de una inspección al final de cada ciclo o fase del proceso; por lo tanto para garantizar el control de calidad en cada etapa, se hace necesario concientizar al operario sobre la importancia de efectuar controles y capacitarlo, para una adecuada realización de su labor, por medio de una jornada de concientización donde se le entregue a cada uno de los operarios un instructivo o guía donde esté descrito el proceso a realizar y los controles que deben ejecutar, así como disponer de medios visuales para que tengan siempre presente el proceso a seguir y los controles a tener en cuenta. Los instructivos se encuentran en el anexo H.
5. Con el fin de hacer mejor los procesos de elaboración del producto se recomienda conformar un círculo de calidad, con el objetivo de integrar al personal, aprovechar su experiencia, creatividad, y capacidad, lo cual permitiría mejorar el desarrollo de la empresa. La formación del círculo de calidad se realizaría con la presencia de una persona de los procesos de corte, desbaste, terminado, soladura, armado, dos de costura, dos de montaje y el inspector de calidad; se reunirían periódicamente para analizar problemas, plantear alternativas como posibles soluciones, contando con el apoyo de los directivos para facilitar el desarrollo de los nuevos planteamientos. Para que éste círculo de calidad opere de manera continua se debe mantener al personal motivado, así como publicar los resultados obtenidos mediante las propuestas.
6. Las operaciones que se llevan a cabo en la fabricación de artículos de cuero requieren del desarrollo de habilidades que permitan la elaboración

de un producto bien hecho, desde el corte hasta el acabado; se exige un tratamiento adecuado, por las características propias del material; por lo tanto es recomendable que al ingresar operarios a la empresa, especialmente auxiliares, ésta se asegure de la capacitación y entrenamiento de cada uno de ellos, ya que, los auxiliares son en su mayoría aprendices, y se les deja toda esa labor a los operarios que los contratan; esto con el fin de estandarizar procesos, evitar pérdidas de tiempo, de material y de calidad del producto; debido a que el armado y el montado de productos de cuero, son procesos que requieren tener un orden en su ejecución y exigen mucha concentración, por que cualquier error conduce al desarme de la pieza. Una vez se ha seleccionado el trabajador, se le debe aplicar un proceso de inducción que incluya tanto la capacitación necesaria para el trabajo a desempeñar como los lineamientos generales de la organización; éste debe conocer los objetivos, la misión, la visión, políticas, reglamentos, las características de los productos, los procedimientos además de la correspondiente a su contratación y compensación. Cuando el trabajador comience su labor, se recomienda explicarle sus funciones e instruirlo adecuadamente en la ejecución de las tareas, mediante una demostración, invitar al empleado a realizarla y posteriormente inspeccionarla. (Ver anexo I, de Proceso de Inducción).

7. A las máquinas que se emplean en el área de producción se les debe realizar mantenimiento preventivo cada tres meses, con el fin de verificar su buen funcionamiento, y no un mantenimiento correctivo, el cual es el que se emplea actualmente. Con el mantenimiento preventivo se evitan consecuencias operacionales, como pérdidas de volumen de producción, y/o pérdidas de calidad, y/o deterioro en el servicio al cliente, y/o mayores costos, pérdidas de tiempo, material. Para asegurar y controlar el proceso de mantenimiento, es recomendable organizar programas de mantenimiento, que consisten en llevar registro o un historial de cada una

de las máquinas con las que se cuenta, partiendo de un reporte de fechas que permita saber cuáles son las causas más frecuentes de detención y cuáles repuestos deben mantenerse en stock para reemplazarlos en el momento que se requieran, así como determinar la fecha en la cual se va a realizar dicho mantenimiento. Ver anexo J, Formatos de registros de mantenimiento.

8. El *diseño y modelaje*, es recomendable que lo realice preferiblemente un Diseñador Industrial, el cual tiene conocimientos profundos y técnicos en aspectos como: Anatomía del pie, sistemas de medidas, construcción de hormas, y técnicas de fabricación; debido a que hacer un zapato que se ajuste al pie no es tan fácil como hacer una prenda de vestir que se ajuste al cuerpo. Otra alternativa para asegurar el diseño y modelaje del calzado es acudir a un centro de desarrollo tecnológico para las industrias del cuero y del calzado como lo es CEINNOVA, el cual cuenta con herramientas avanzadas de diseño, así como de digitalización de hormas, digitalización y escalado de patrones y modelaje. También es necesario que el fabricante tenga conocimiento acerca de los requerimientos y controles de los materiales, la importancia del proceso de diseño y modelaje en la fabricación del calzado, así como los principales aspectos en los que se debe enfocar un empresario, para poder sacar al mercado un producto que cumpla las exigencias de los consumidores. (Ver anexo K).
9. Para disminuir la variabilidad en el proceso, se recomienda establecer primera instancia, las especificaciones de los materiales, que son fundamentales tanto para el productor como para el cliente final, con el fin de realizar o exigir a los proveedores las pruebas o ensayos de los materiales en el momento de la compra.
10. Realizar periódicamente pruebas para identificar situaciones anormales que requieran modificar los parámetros establecidos.

BIBLIOGRAFIA

AMAT AMER, José María, Tecnología del calzado, España, 1992.

CRISTINE LEWIS, El libro del calzado, México, 1993.

CAPUZ, Salvador. Introducción al proyecto de producción. México. 1999.

AGUAYO GONZALEZ, Francisco. Metodología del diseño Industrial un enfoque desde la Ingeniería Concurrente.

MONTGOMERY DOUGLAS C, Diseño y Análisis de Experimentos. 1991.

MORENO, Wilfrido. Aplicaciones al diseño y análisis de experimentos. Bucaramanga: 1993.

Seis Sigma, Una iniciativa de calidad total, Gestión 2000.com.

TAGUCHI, Genichi. System of experimental design. Nueva York. 1987

MONTGOMERY DOUGLAS C. RUNGER George. Probabilidad y Estadística Aplicadas a la Ingeniería. México DF. Mc Graw Hill. 1998.

ANEXOS A

DIAGRAMAS DE OPERACIONES

DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO DE CORTE

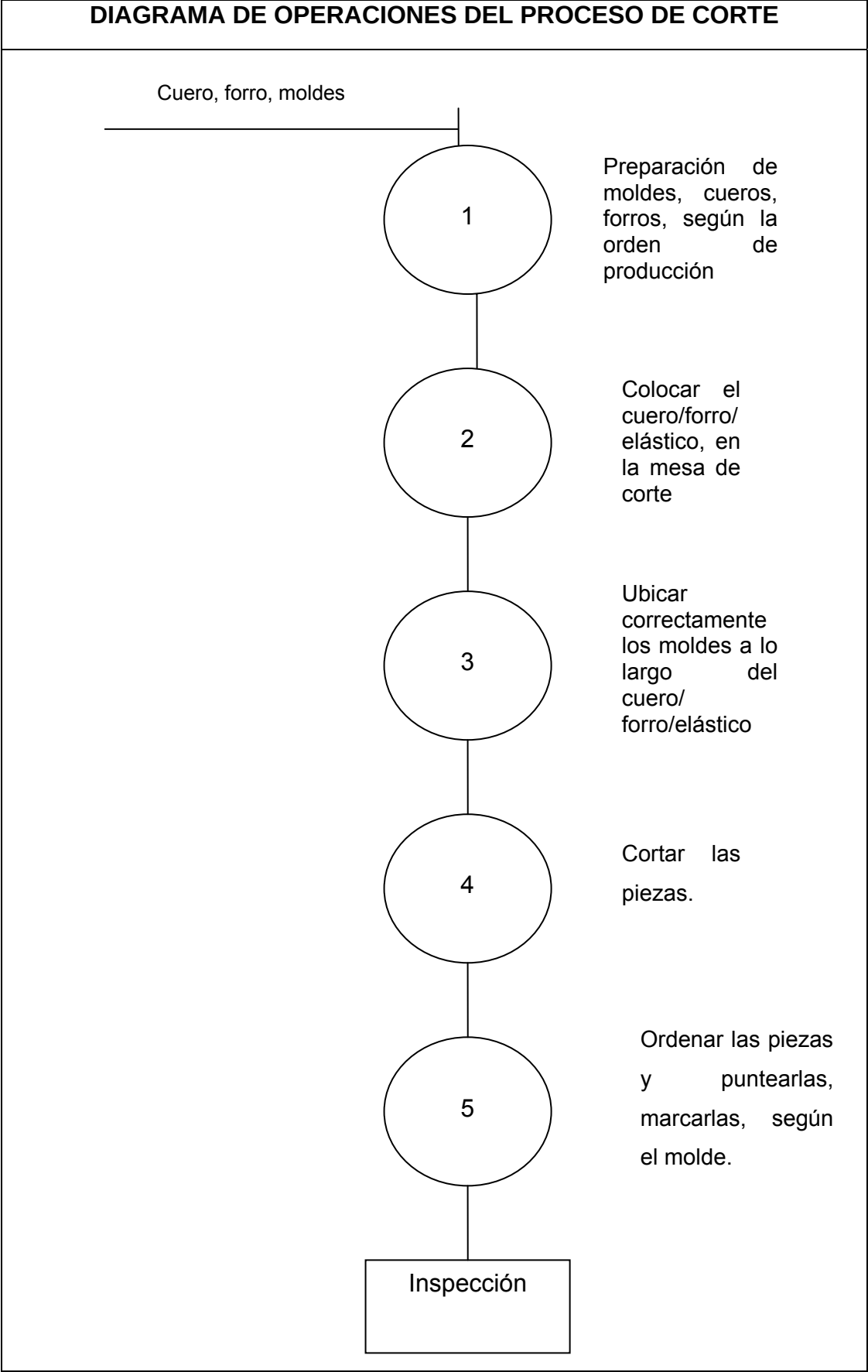
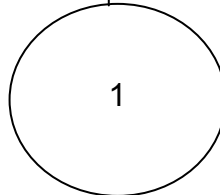
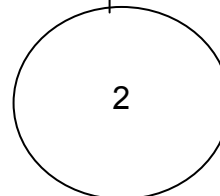


DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO DE PINTADO

Emulsión, Espuma, Piezas de cuero.



Preparación de Emulsión, Espuma, Piezas de cuero.

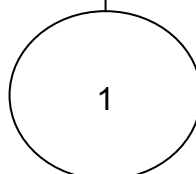


Pintar el orillo de las piezas.

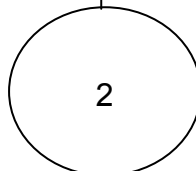
Inspección

DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO DE DESBASTE

Piezas de cuero



Preparación de piezas de cuero, según la Orden de Producción (O.P), y Calibración de la máquina.

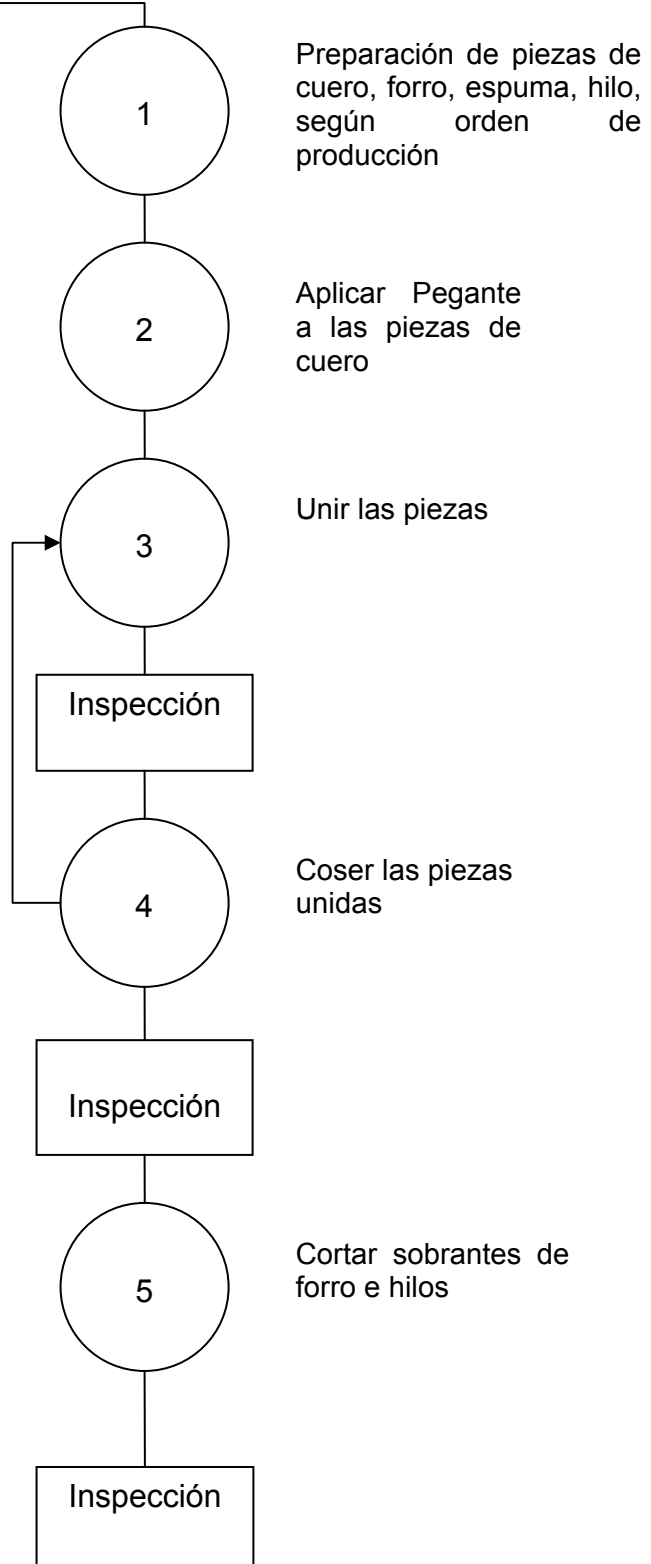


Desbastar las piezas de cuero

Inspección

DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO DE GUARNICIÓN

Piezas de cuero, espuma, forro, hilo



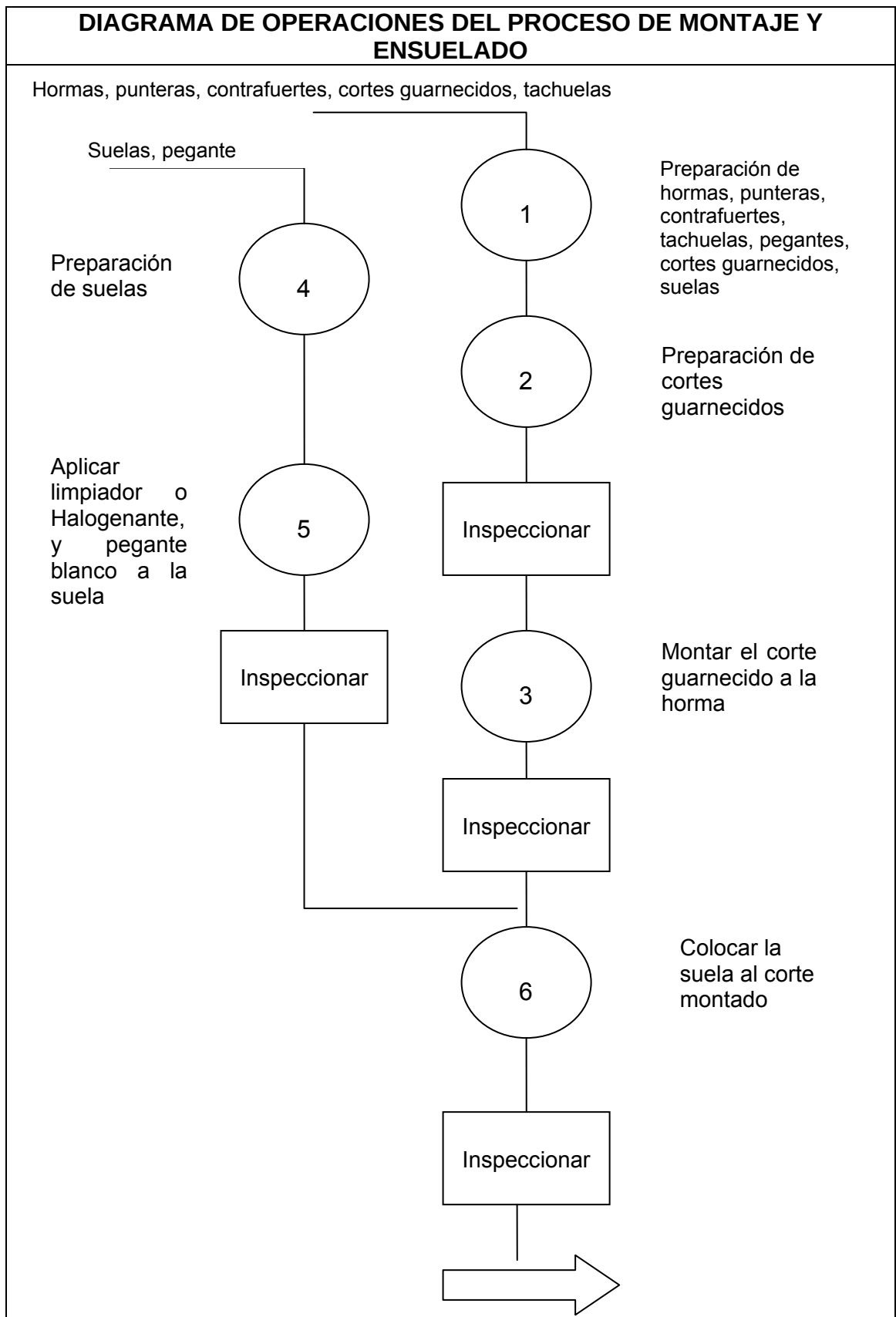
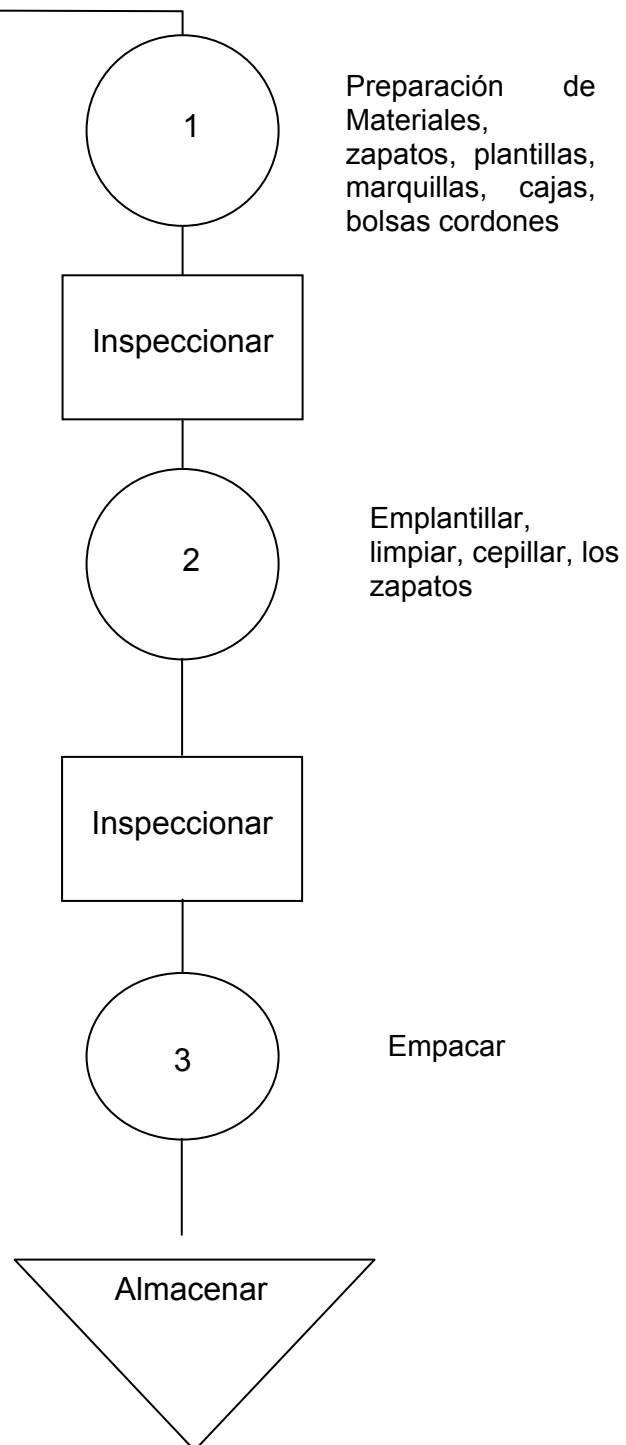


DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO DE TERMINADO

Zapatos. plantillas. marquillas. caías. bolsas. cordones



e

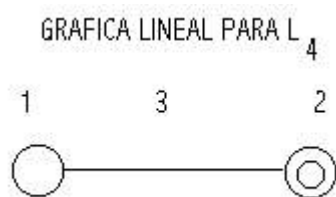
ANEXO B

ARREGLOS ORTOGONALES Y GRAFICOS LINEALES

ANEXO B: Arreglos Ortogonales y Gráficos Lineales

Arreglo ortogonal L4 (2^3)

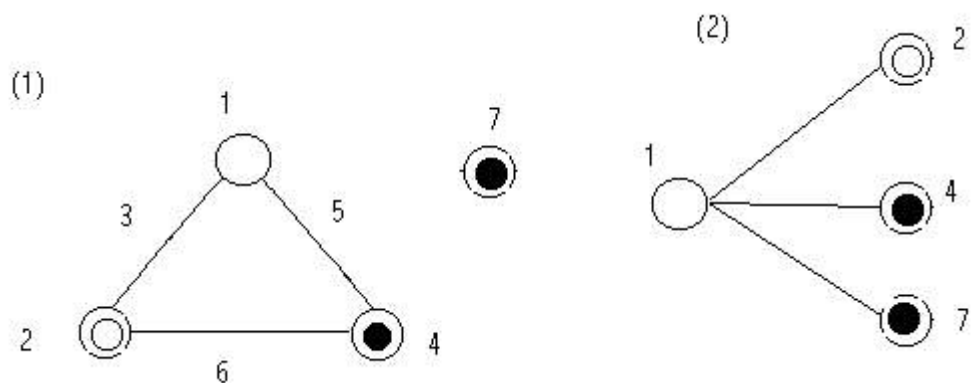
Experimento	Factores		
	1	2	3
1	1	1	1
2	1	2	2
3	2	1	2
4	2	2	1



Arreglo ortogonal L8 (2^7)

Experimento	Factores						
	1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

Gráfico lineal para el arreglo L8 L8 (2^7)



Arreglo ortogonal L12 (2^{11})

EXPERIMENTOS	FACTORES										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
3	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2
4	1	2	1	2	2	1	2	2	1	1	2
5	1	2	2	1	2	2	1	2	1	2	1
6	1	2	2	2	1	2	2	1	2	1	1
7	2	1	2	2	1	1	2	2	1	2	1
8	2	1	2	1	2	2	2	1	1	1	2
9	2	1	1	2	2	2	1	2	2	1	1
10	2	2	2	1	1	1	1	2	2	1	2
11	2	2	1	2	1	2	1	1	1	2	2
12	2	2	1	1	2	1	2	1	2	2	1

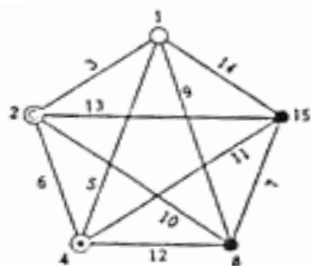
Arreglo ortogonal L16 (2^{15})

EXPERIMENTO	FACTORES														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
3	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2
4	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
5	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2
6	1	2	2	1	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1
7	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1
8	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2
9	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
10	2	1	2	1	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1
11	2	1	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1
12	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	1	2	1	2
13	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1
14	2	2	1	1	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2
15	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1	1	2

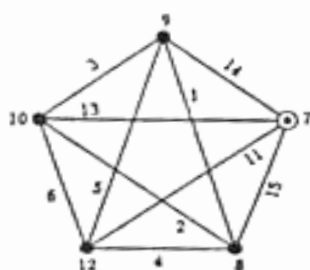
Arreglo ortogonal L16 (2^{15})

(1)

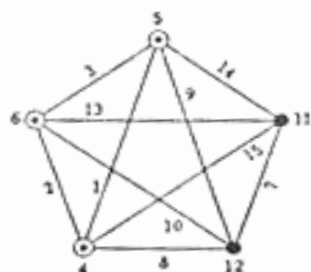
a



b

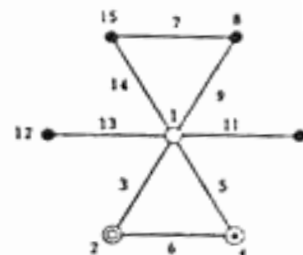


c

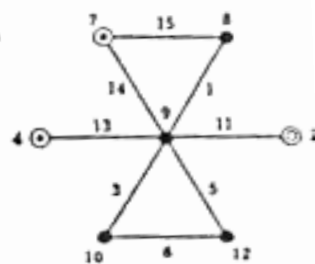


(2)

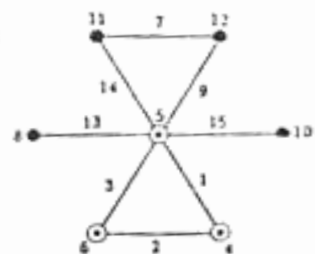
a



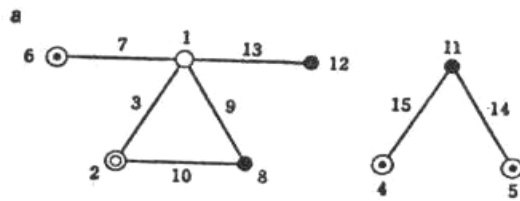
b



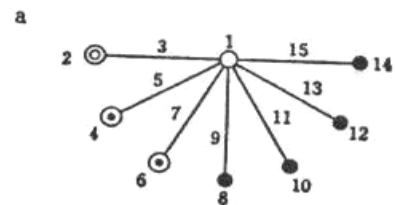
c



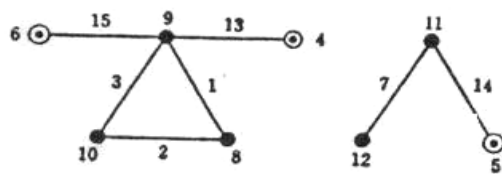
3)



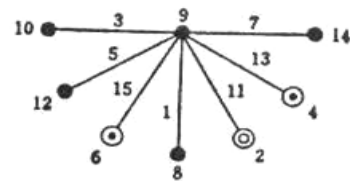
(4)



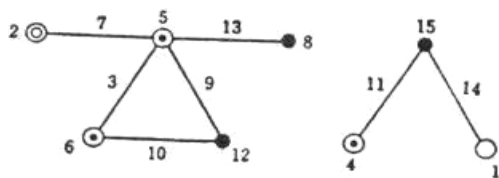
b



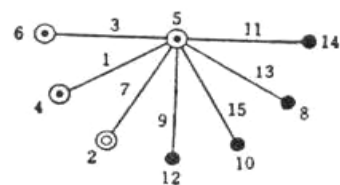
b

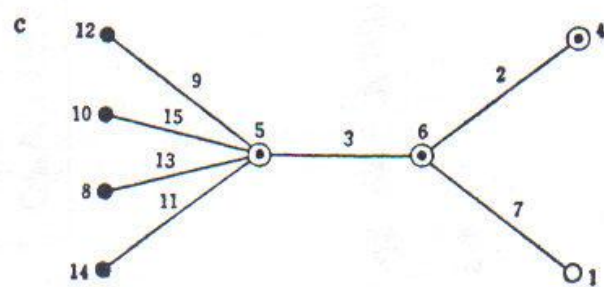
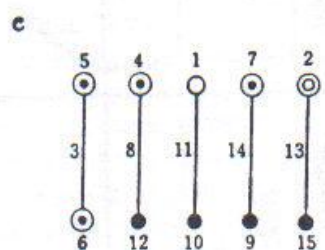
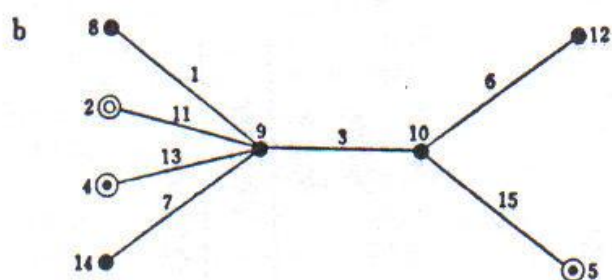
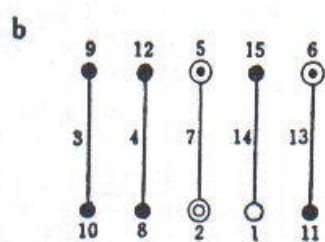
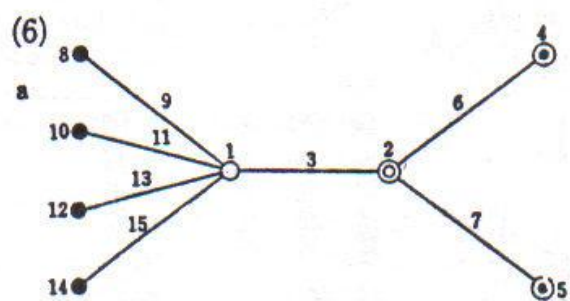
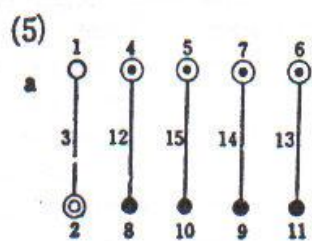


c



c





ANEXO C

TABLAS F

PUNTOS DE LA DISTRIBUCION F

$$F_{.25, n_1, n_2}$$

$n_1 \backslash n_2$		GRADOS DE LIBERTAD DEL NUMERADOR (n_1)																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	
1	2	5.83	7.50	8.20	8.58	8.82	8.98	9.10	9.19	9.26	9.32	9.41	9.49	9.58	9.53	9.67	9.71	9.76	9.80	9.85
2	3	2.57	3.00	3.15	3.23	3.28	3.31	3.34	3.35	3.37	3.38	3.39	3.41	3.43	3.43	3.44	3.45	3.46	3.47	3.48
3	4	2.02	2.28	2.36	2.39	2.41	2.42	2.43	2.44	2.44	2.44	2.45	2.46	2.46	2.46	2.47	2.47	2.47	2.47	2.47
4	5	1.81	2.00	2.05	2.06	2.07	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08
5	6	1.69	1.85	1.88	1.89	1.89	1.89	1.89	1.89	1.89	1.89	1.89	1.89	1.88	1.88	1.88	1.88	1.87	1.87	1.87
6	7	1.62	1.76	1.78	1.79	1.79	1.78	1.78	1.78	1.77	1.77	1.77	1.76	1.76	1.75	1.75	1.75	1.74	1.74	1.74
7	8	1.57	1.70	1.72	1.72	1.71	1.71	1.70	1.70	1.70	1.69	1.68	1.68	1.67	1.67	1.66	1.66	1.65	1.65	1.65
8	9	1.54	1.66	1.67	1.66	1.66	1.65	1.64	1.64	1.63	1.63	1.62	1.62	1.61	1.60	1.60	1.59	1.59	1.58	1.58
9	10	1.51	1.62	1.63	1.63	1.62	1.61	1.60	1.60	1.59	1.59	1.58	1.57	1.56	1.56	1.55	1.54	1.54	1.53	1.53
10	11	1.49	1.60	1.60	1.59	1.59	1.58	1.57	1.56	1.56	1.55	1.54	1.53	1.52	1.52	1.51	1.51	1.50	1.49	1.48
11	12	1.47	1.58	1.58	1.57	1.56	1.55	1.54	1.53	1.53	1.52	1.51	1.50	1.49	1.49	1.48	1.47	1.47	1.46	1.45
12	13	1.46	1.56	1.56	1.55	1.54	1.53	1.52	1.51	1.51	1.50	1.49	1.48	1.47	1.46	1.45	1.45	1.44	1.43	1.42
13	14	1.45	1.55	1.55	1.53	1.52	1.51	1.50	1.49	1.49	1.48	1.47	1.46	1.45	1.44	1.43	1.42	1.42	1.41	1.40
14	15	1.44	1.53	1.53	1.52	1.51	1.50	1.49	1.48	1.47	1.46	1.45	1.44	1.43	1.42	1.41	1.41	1.40	1.39	1.38
15	16	1.43	1.52	1.52	1.51	1.49	1.48	1.47	1.46	1.46	1.45	1.44	1.43	1.41	1.41	1.40	1.39	1.38	1.37	1.36
16	17	1.42	1.51	1.51	1.50	1.48	1.47	1.46	1.45	1.44	1.44	1.43	1.41	1.40	1.39	1.38	1.37	1.36	1.35	1.34
17	18	1.42	1.51	1.50	1.49	1.47	1.46	1.45	1.44	1.43	1.43	1.41	1.40	1.39	1.38	1.37	1.36	1.35	1.34	1.33
18	19	1.41	1.50	1.49	1.48	1.46	1.45	1.44	1.43	1.42	1.42	1.40	1.39	1.38	1.37	1.36	1.35	1.34	1.33	1.32
19	20	1.41	1.49	1.49	1.47	1.46	1.44	1.43	1.42	1.41	1.41	1.40	1.38	1.37	1.36	1.35	1.34	1.33	1.32	1.30
20	21	1.40	1.49	1.48	1.47	1.45	1.44	1.43	1.42	1.41	1.40	1.39	1.37	1.36	1.35	1.34	1.33	1.32	1.31	1.29
21	22	1.40	1.48	1.48	1.46	1.44	1.43	1.42	1.41	1.40	1.39	1.38	1.37	1.35	1.34	1.33	1.32	1.31	1.30	1.28
22	23	1.40	1.48	1.47	1.45	1.44	1.42	1.41	1.40	1.39	1.39	1.37	1.36	1.34	1.33	1.32	1.31	1.30	1.29	1.28
23	24	1.39	1.47	1.47	1.45	1.43	1.42	1.41	1.40	1.39	1.38	1.37	1.35	1.34	1.33	1.32	1.31	1.30	1.28	1.27
24	25	1.49	1.47	1.46	1.44	1.43	1.41	1.40	1.39	1.38	1.38	1.36	1.35	1.33	1.32	1.31	1.30	1.29	1.28	1.26
25	26	1.39	1.47	1.46	1.44	1.42	1.41	1.40	1.39	1.38	1.37	1.36	1.34	1.33	1.32	1.31	1.29	1.28	1.26	1.25
26	27	1.38	1.46	1.45	1.44	1.42	1.41	1.39	1.38	1.37	1.37	1.35	1.34	1.32	1.31	1.30	1.29	1.28	1.26	1.25
27	28	1.38	1.46	1.45	1.43	1.42	1.40	1.39	1.38	1.37	1.36	1.35	1.33	1.32	1.31	1.30	1.28	1.27	1.26	1.24
28	29	1.38	1.46	1.45	1.43	1.41	1.40	1.39	1.38	1.37	1.36	1.34	1.33	1.31	1.30	1.29	1.28	1.27	1.25	1.24
29	30	1.38	1.45	1.45	1.43	1.41	1.40	1.38	1.37	1.36	1.35	1.34	1.33	1.32	1.31	1.30	1.29	1.27	1.25	1.24
30	40	1.38	1.45	1.44	1.42	1.41	1.39	1.38	1.37	1.36	1.35	1.34	1.32	1.30	1.29	1.28	1.27	1.26	1.24	1.23
40	60	1.36	1.44	1.42	1.40	1.39	1.37	1.36	1.35	1.34	1.33	1.31	1.30	1.28	1.26	1.25	1.24	1.22	1.21	1.19
60	120	1.35	1.42	1.41	1.38	1.37	1.35	1.33	1.32	1.31	1.30	1.29	1.27	1.25	1.24	1.22	1.21	1.19	1.17	1.15
120		1.34	1.40	1.39	1.37	1.35	1.33	1.31	1.30	1.29	1.28	1.26	1.24	1.22	1.21	1.19	1.18	1.16	1.13	1.10
		1.32	1.39	1.37	1.35	1.33	1.31	1.29	1.28	1.27	1.25	1.24	1.22	1.19	1.18	1.16	1.14	1.12	1.08	1.00

Tablas obtenidas con una calculadora programable Casio FX-850P.
Aproximación segunda cifra decimal más próxima

$$F_{1-\alpha, n_1, n_2}$$

$n_1 \backslash n_2$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	
1	39.86	49.50	53.59	55.83	57.24	58.20	58.91	59.44	59.86	60.19	60.71	61.22	61.74	62.00	62.26	62.53	62.79	63.06	63.33
2	8.53	9.00	9.16	9.24	9.29	9.33	9.35	9.37	9.38	9.39	9.41	9.42	9.44	9.45	9.46	9.47	9.47	9.48	9.49
3	5.54	5.46	5.39	5.34	5.31	5.28	5.27	5.25	5.24	5.23	5.22	5.20	5.18	5.18	5.16	5.17	5.15	5.14	5.13
4	4.54	4.32	4.19	4.11	4.05	4.01	3.98	3.95	3.94	3.92	3.90	3.87	3.84	3.83	3.82	3.80	3.79	3.78	3.76
5	4.06	3.78	3.62	3.52	3.45	3.40	3.37	3.34	3.32	3.30	3.27	3.24	3.21	3.19	3.17	3.16	3.14	3.12	3.10
6	3.78	3.46	3.29	3.18	3.11	3.05	3.01	2.98	2.96	2.94	2.90	2.87	2.84	2.82	2.80	2.78	2.76	2.74	2.72
7	3.59	3.26	3.07	2.96	2.88	2.83	2.78	2.75	2.72	2.70	2.67	2.63	2.59	2.58	2.56	2.54	2.51	2.49	2.47
8	3.46	3.11	2.92	2.81	2.73	2.67	2.62	2.59	2.56	2.54	2.50	2.46	2.42	2.40	2.38	2.36	2.34	2.32	2.29
9	3.36	3.01	2.81	2.69	2.61	2.55	2.51	2.47	2.44	2.42	2.34	2.32	2.30	2.28	2.25	2.23	2.21	2.18	2.16
10	3.29	2.92	2.73	2.61	2.52	2.46	2.41	2.38	2.35	2.32	2.28	2.24	2.20	2.18	2.16	2.13	2.11	2.08	2.06
11	3.23	2.86	2.66	2.54	2.45	2.39	2.34	2.30	2.27	2.25	2.21	2.17	2.12	2.10	2.08	2.05	2.03	2.00	1.97
12	3.18	2.81	2.61	2.48	2.39	2.33	2.28	2.24	2.21	2.19	2.15	2.10	2.06	2.04	2.01	1.99	1.96	1.93	1.90
13	3.14	2.76	2.46	2.35	2.28	2.24	2.21	2.19	2.16	2.14	2.10	2.05	2.01	1.98	1.96	1.93	1.90	1.88	1.85
14	3.10	2.73	2.52	2.39	2.31	2.24	2.19	2.15	2.12	2.10	2.05	2.01	1.96	1.94	1.91	1.89	1.86	1.83	1.80
15	3.07	2.70	2.49	2.36	2.27	2.21	2.16	2.12	2.09	2.06	2.02	1.97	1.92	1.90	1.87	1.85	1.82	1.79	1.76
16	3.05	2.67	2.46	2.33	2.24	2.18	2.13	2.09	2.06	2.03	1.99	1.94	1.89	1.84	1.87	1.81	1.78	1.75	1.72
17	3.03	2.64	2.44	2.31	2.22	2.15	2.10	2.06	2.03	2.00	1.96	1.91	1.86	1.84	1.81	1.78	1.75	1.72	1.69
18	3.01	2.62	2.42	2.29	2.20	2.13	2.08	2.04	2.00	1.98	1.93	1.89	1.84	1.81	1.78	1.75	1.72	1.69	1.66
19	2.99	2.61	2.40	2.27	2.18	2.11	2.06	2.02	1.98	1.96	1.91	1.86	1.81	1.79	1.76	1.73	1.70	1.67	1.63
20	2.97	2.57	2.38	2.25	2.16	2.09	2.04	2.00	1.96	1.94	1.89	1.84	1.79	1.77	1.74	1.71	1.68	1.64	1.61
21	2.96	2.57	2.36	2.23	2.14	2.08	2.02	1.98	1.95	1.92	1.87	1.83	1.78	1.75	1.72	1.69	1.66	1.62	1.59
22	2.95	2.56	2.35	2.22	2.13	2.06	2.01	1.97	1.93	1.90	1.86	1.81	1.76	1.73	1.70	1.67	1.64	1.60	1.57
23	2.94	2.55	2.34	2.21	2.11	2.05	1.99	1.95	1.92	1.89	1.84	1.80	1.74	1.72	1.69	1.66	1.62	1.59	1.55
24	2.93	2.54	2.33	2.19	2.10	2.04	1.98	1.94	1.91	1.88	1.83	1.78	1.73	1.70	1.67	1.64	1.61	1.57	1.53
25	2.92	2.53	2.32	2.18	2.09	2.02	1.97	1.93	1.89	1.87	1.82	1.77	1.72	1.69	1.66	1.63	1.59	1.56	1.52
26	2.91	2.52	2.31	2.17	2.08	2.01	1.96	1.92	1.88	1.86	1.81	1.76	1.71	1.68	1.65	1.61	1.58	1.54	1.50
27	2.90	2.51	2.30	2.17	2.07	2.00	1.95	1.91	1.87	1.85	1.80	1.75	1.70	1.67	1.64	1.60	1.57	1.53	1.49
28	2.89	2.50	2.29	2.16	2.06	2.00	1.94	1.90	1.87	1.84	1.79	1.74	1.69	1.66	1.63	1.59	1.56	1.52	1.48
29	2.89	2.50	2.28	2.15	2.06	1.99	1.99	1.93	1.89	1.83	1.78	1.73	1.68	1.65	1.58	1.58	1.55	1.51	1.47
30	2.88	2.49	2.28	2.14	2.03	1.98	1.93	1.88	1.85	1.72	1.77	1.72	1.67	1.64	1.61	1.57	1.54	1.50	1.46
40	2.84	2.44	2.23	2.09	2.00	1.93	1.87	1.83	1.79	1.76	1.71	1.66	1.61	1.57	1.54	1.51	1.47	1.42	1.38
60	2.79	2.39	2.18	2.04	1.95	1.87	1.82	1.77	1.74	1.71	1.66	1.60	1.54	1.51	1.48	1.44	1.40	1.36	1.29
120	2.75	2.35	2.13	1.99	1.90	1.82	1.77	1.72	1.60	1.65	1.60	1.55	1.48	1.45	1.41	1.37	1.32	1.26	1.19
=	2.71	2.30	2.08	1.94	1.84	1.77	1.72	1.67	1.63	1.60	1.55	1.49	1.42	1.38	1.34	1.30	1.24	1.17	1.00

Tablas obtenidas con una calculadora programable Casio FX-850P.

$F_{.025, n_1, n_2}$

$n_1 \backslash n_2$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	
1	647.8	799.5	864.2	899.6	921.8	937.1	948.2	956.7	963.3	968.6	976.7	984.9	993.1	997.2	100.1	100.6	1010	1014	1018
2	38.51	39.00	39.17	39.25	39.30	39.33	39.36	39.37	39.39	39.40	39.41	39.43	39.45	39.46	39.46	39.47	39.48	39.49	39.50
3	17.44	16.04	15.44	15.10	14.88	14.73	14.62	14.54	14.47	14.42	14.34	14.25	14.17	14.12	14.08	14.04	13.99	13.95	13.90
4	12.22	10.65	9.98	9.60	9.36	9.20	9.07	8.98	8.90	8.84	8.75	8.66	8.56	8.51	8.46	8.41	8.36	8.31	8.26
5	10.01	8.43	7.76	7.39	7.15	6.98	6.85	6.76	6.68	6.62	6.52	6.43	6.33	6.28	6.23	6.18	6.12	6.07	6.02
6	8.81	7.26	6.60	6.23	5.99	5.82	5.70	5.60	5.52	5.46	5.37	5.27	5.17	5.12	5.07	5.01	4.96	4.90	4.85
7	8.07	6.54	5.89	5.52	5.29	5.12	4.99	4.90	4.82	4.76	4.67	4.57	4.47	4.42	4.36	4.31	4.25	4.20	4.14
8	7.57	6.06	5.42	5.05	4.84	4.65	4.53	4.43	4.36	4.30	4.20	4.10	4.00	3.95	3.89	3.83	3.78	3.73	3.67
9	7.21	5.71	5.08	4.72	4.48	4.32	4.20	4.10	4.03	3.96	3.87	3.77	3.67	3.61	3.56	3.51	3.45	3.39	3.33
10	6.94	5.46	4.83	4.47	4.24	4.07	3.95	3.85	3.78	3.72	3.62	3.52	3.42	3.37	3.31	3.26	3.20	3.14	3.08
11	6.72	5.26	4.63	4.28	4.04	3.88	3.76	3.66	3.59	3.53	3.43	3.33	3.23	3.17	3.12	3.06	3.00	2.94	2.88
12	6.55	5.10	4.47	4.12	3.89	3.73	3.61	3.51	3.44	3.37	3.28	3.18	3.07	3.02	2.96	2.91	2.85	2.79	2.72
13	6.41	4.97	4.35	4.00	3.77	3.60	3.48	3.39	3.31	3.25	3.15	3.05	2.95	2.89	2.84	2.78	2.72	2.66	2.60
14	6.30	4.86	4.24	3.89	3.66	3.50	3.38	3.29	3.21	3.15	3.05	2.95	2.84	2.79	2.73	2.67	2.61	2.55	2.49
15	6.20	4.77	4.15	3.80	3.58	3.41	3.29	3.20	3.12	3.06	2.96	2.86	2.76	2.70	2.64	2.59	2.52	2.46	2.40
16	6.12	4.69	4.08	3.73	3.70	3.50	3.22	3.12	3.05	2.99	2.89	2.79	2.68	2.63	2.57	2.51	2.45	2.38	2.32
17	6.04	4.62	4.01	3.66	3.44	3.28	3.16	3.06	2.98	2.92	2.82	2.72	2.62	2.56	2.50	2.44	2.38	2.32	2.25
18	5.98	4.56	3.95	3.61	3.38	3.22	3.10	3.01	2.93	2.87	2.77	2.67	2.56	2.50	2.44	2.38	2.32	2.26	2.14
19	5.92	4.51	3.90	3.50	3.33	3.17	3.05	2.96	2.88	2.82	2.72	2.62	2.51	2.45	2.39	2.33	2.27	2.20	2.13
20	5.87	4.46	3.86	3.51	3.29	3.13	3.01	2.91	2.84	2.77	2.68	2.57	2.46	2.41	2.35	2.29	2.22	2.16	2.09
21	5.83	4.42	3.82	3.48	3.25	3.09	2.97	2.87	2.80	2.73	2.64	2.53	2.42	2.37	2.31	2.25	2.18	2.11	2.04
22	5.79	4.38	3.78	3.44	3.22	3.05	2.93	2.84	2.76	2.70	2.60	2.50	2.39	2.33	2.27	2.21	2.14	2.08	2.00
23	5.75	4.35	3.75	3.41	3.18	3.02	2.90	2.81	2.73	2.67	2.57	2.47	2.36	2.30	2.24	2.18	2.11	2.04	1.97
24	5.72	4.32	3.72	3.38	3.15	2.99	2.87	2.78	2.70	2.64	2.54	2.44	2.33	2.27	2.21	2.15	2.08	2.01	1.94
25	5.69	4.29	3.69	3.35	3.13	2.97	2.85	2.75	2.68	2.61	2.51	2.41	2.30	2.24	2.18	2.12	2.05	1.98	1.91
26	5.66	4.27	3.67	3.33	3.10	2.94	2.82	2.73	2.65	2.59	2.49	2.39	2.28	2.22	2.16	2.09	2.03	1.95	1.88
27	5.63	4.24	3.65	3.31	3.08	2.92	2.80	2.71	2.63	2.57	2.47	2.36	2.25	2.19	2.13	2.07	2.00	1.93	1.85
28	5.61	4.22	3.63	3.29	3.06	2.90	2.78	2.69	2.61	2.55	2.45	2.34	2.23	2.18	2.11	2.05	1.98	1.91	1.83
29	5.59	4.20	3.61	3.27	3.04	2.88	2.76	2.67	2.59	2.53	2.43	2.32	2.21	2.15	2.09	2.03	1.96	1.89	1.81
30	5.57	4.18	3.59	3.25	3.03	2.87	2.75	2.65	2.57	2.51	2.41	2.31	2.20	2.14	2.07	2.01	1.94	1.87	1.79
40	5.42	4.05	3.46	3.13	2.90	2.74	2.62	2.53	2.45	2.39	2.29	2.18	2.07	2.01	1.94	1.88	1.80	1.72	1.64
60	5.29	3.93	3.34	3.01	2.79	2.63	2.51	2.41	2.33	2.27	2.17	2.06	1.94	1.88	1.82	1.74	1.67	1.58	1.48
120	5.15	3.80	3.23	2.89	2.67	2.52	2.39	2.30	2.22	2.16	2.05	1.94	1.82	1.76	1.69	1.61	1.53	1.43	1.31
=	5.02	3.69	3.12	2.79	2.57	2.41	2.29	2.19	2.11	2.05	1.94	1.83	1.71	1.64	1.57	1.45	1.39	1.27	1.00

Tablas obtenidas con una calculadora programable Casio FX-850P.

$$F_{.025, n_1, n_2}$$

$n_1 \backslash n_2$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	
1	647.8	799.5	864.2	899.6	921.8	937.1	948.2	956.7	963.3	968.6	976.7	984.9	993.1	997.2	100.1	100.6	1010	1014	1018
2	38.51	39.00	39.17	39.25	39.30	39.33	39.36	39.37	39.39	39.40	39.41	39.43	39.45	39.46	39.46	39.47	39.48	39.49	39.50
3	17.44	16.04	15.44	15.10	14.88	14.73	14.62	14.54	14.47	14.42	14.34	14.25	14.17	14.12	14.08	14.04	13.99	13.95	13.90
4	12.22	10.65	9.98	9.60	9.36	9.20	9.07	8.98	8.90	8.84	8.75	8.66	8.56	8.51	8.46	8.41	8.36	8.31	8.26
5	10.01	8.43	7.76	7.39	7.15	6.98	6.85	6.76	6.68	6.62	6.52	6.43	6.33	6.28	6.23	6.18	6.12	6.07	6.02
6	8.81	7.26	6.60	6.23	5.99	5.82	5.70	5.60	5.52	5.46	5.37	5.27	5.17	5.12	5.07	5.01	4.96	4.90	4.85
7	8.07	6.54	5.89	5.52	5.29	5.12	4.99	4.90	4.82	4.76	4.67	4.57	4.47	4.42	4.36	4.31	4.25	4.20	4.14
8	7.57	6.06	5.42	5.05	4.84	4.65	4.53	4.43	4.36	4.30	4.20	4.10	4.00	3.95	3.89	3.83	3.78	3.73	3.67
9	7.21	5.71	5.08	4.72	4.48	4.32	4.20	4.10	4.03	3.96	3.87	3.77	3.67	3.61	3.56	3.51	3.45	3.39	3.33
10	6.94	5.46	4.83	4.47	4.24	4.07	3.95	3.85	3.78	3.72	3.62	3.52	3.42	3.37	3.31	3.26	3.20	3.14	3.08
11	6.72	5.26	4.63	4.28	4.04	3.88	3.76	3.66	3.59	3.53	3.43	3.33	3.23	3.17	3.12	3.06	3.00	2.94	2.88
12	6.55	5.10	4.47	4.12	3.89	3.73	3.61	3.51	3.44	3.37	3.28	3.18	3.07	3.02	2.96	2.91	2.85	2.79	2.72
13	6.41	4.97	4.35	4.00	3.77	3.60	3.48	3.39	3.31	3.25	3.15	3.05	2.95	2.89	2.84	2.78	2.72	2.66	2.60
14	6.30	4.86	4.24	3.89	3.66	3.50	3.38	3.29	3.21	3.15	3.05	2.95	2.84	2.79	2.73	2.67	2.61	2.55	2.49
15	6.20	4.77	4.15	3.80	3.58	3.41	3.29	3.20	3.12	3.06	2.96	2.86	2.76	2.70	2.64	2.59	2.52	2.46	2.40
16	6.12	4.69	4.08	3.73	3.70	3.50	3.22	3.12	3.05	2.99	2.89	2.79	2.68	2.63	2.57	2.51	2.45	2.38	2.32
17	6.04	4.62	4.01	3.66	3.44	3.28	3.16	3.06	2.98	2.92	2.82	2.72	2.62	2.56	2.50	2.44	2.38	2.32	2.25
18	5.98	4.56	3.95	3.61	3.38	3.22	3.10	3.01	2.93	2.87	2.77	2.67	2.56	2.50	2.44	2.38	2.32	2.26	2.14
19	5.92	4.51	3.90	3.50	3.33	3.17	3.05	2.96	2.88	2.82	2.72	2.62	2.51	2.45	2.39	2.33	2.27	2.20	2.13
20	5.87	4.46	3.86	3.51	3.29	3.13	3.01	2.91	2.84	2.77	2.68	2.57	2.46	2.41	2.35	2.29	2.22	2.16	2.09
21	5.83	4.42	3.82	3.48	3.25	3.09	2.97	2.87	2.80	2.73	2.64	2.53	2.42	2.37	2.31	2.25	2.18	2.11	2.04
22	5.79	4.38	3.78	3.44	3.22	3.05	2.93	2.84	2.76	2.70	2.60	2.50	2.39	2.33	2.27	2.21	2.14	2.08	2.00
23	5.75	4.35	3.75	3.41	3.18	3.02	2.90	2.81	2.73	2.67	2.57	2.47	2.36	2.30	2.24	2.18	2.11	2.04	1.97
24	5.72	4.32	72	3.38	3.15	2.99	2.87	2.78	2.70	2.64	2.54	2.44	2.33	2.27	2.21	2.15	2.08	2.01	1.94
25	5.69	4.29	3.69	3.35	3.13	2.97	2.85	2.75	2.68	2.61	2.51	2.41	2.30	2.24	2.18	2.12	2.05	1.98	1.91
26	5.66	4.27	3.67	3.33	3.10	2.94	2.82	2.73	2.65	2.59	2.49	2.39	2.28	2.22	2.16	2.09	2.03	1.95	1.88
27	5.63	4.24	3.65	3.31	3.08	2.92	2.80	2.71	2.63	2.57	2.47	2.36	2.25	2.19	2.13	2.07	2.00	1.93	1.85
28	5.61	4.22	3.63	3.29	3.06	2.90	2.78	2.69	2.61	2.55	2.45	2.34	2.23	2.18	2.11	2.05	1.98	1.91	1.83
29	5.59	4.20	3.61	3.27	3.04	2.88	2.76	2.67	2.59	2.53	2.43	2.32	2.21	2.15	2.09	2.03	1.96	1.89	1.81
30	5.57	4.18	3.59	3.25	3.03	2.87	2.75	2.65	2.57	2.51	2.41	2.31	2.20	2.14	2.07	2.01	1.94	1.87	1.79
40	5.42	4.05	3.46	3.13	2.90	2.74	2.62	2.53	2.45	2.39	2.29	2.18	2.07	2.01	1.94	1.88	1.80	1.72	1.64
60	5.29	3.93	3.34	3.01	2.79	2.63	2.51	2.41	2.33	2.27	2.17	2.06	1.94	1.88	1.82	1.74	1.67	1.58	1.48
120	5.15	3.80	3.23	2.89	2.67	2.52	2.39	2.30	2.22	2.16	2.05	1.94	1.82	1.76	1.69	1.61	1.53	1.43	1.31
=	5.02	3.69	3.12	2.79	2.57	2.41	2.29	2.19	2.11	2.05	1.94	1.83	1.71	1.64	1.57	1.45	1.39	1.27	1.00

Tablas obtenidas con una calculadora programable Casio FX-850P.

$$F_{0.01, n_1, n_2}$$

$n_1 \backslash n_2$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	
1	4052	4999.0	5403	5625	5764	5859	5928	5982	6022	6056	6106	6157	6209	6235	6261	6287	6313	6339	6366
2	98.50	99.00	99.17	99.25	99.30	99.33	99.36	99.37	99.39	99.40	99.42	99.43	99.45	99.46	99.47	99.47	99.48	99.49	99.50
3	34.12	30.82	29.46	28.71	28.24	27.91	27.67	27.49	27.35	27.23	27.05	26.87	26.69	26.00	26.50	26.41	26.32	26.22	26.13
4	21.20	18.00	16.69	15.98	15.52	15.21	14.98	14.80	14.66	14.56	14.37	14.20	14.02	13.93	13.84	13.75	13.65	13.56	13.46
5	16.26	13.27	12.06	11.39	10.97	10.67	10.46	10.29	10.16	10.05	9.89	9.72	9.55	9.47	9.38	9.29	9.20	9.11	9.02
6	13.75	10.92	9.78	9.15	8.75	8.47	8.26	8.10	7.98	7.87	7.72	7.56	7.40	7.31	7.23	7.14	7.06	6.97	6.88
7	12.25	9.55	8.45	7.85	7.46	7.19	6.99	6.84	6.72	6.62	6.47	6.31	6.16	6.07	5.99	5.91	5.82	5.74	5.65
8	11.26	8.65	7.59	7.01	6.63	6.37	6.18	6.03	5.91	5.81	5.67	5.52	5.36	5.28	5.20	5.12	5.03	4.95	4.86
9	10.56	8.02	6.99	6.42	6.06	5.80	5.61	5.47	5.35	5.26	5.11	4.96	4.81	4.73	4.65	4.57	4.48	4.40	4.31
10	10.04	7.56	6.55	5.99	5.64	5.39	5.20	5.06	4.94	4.85	4.71	4.56	4.41	4.33	4.25	4.17	4.08	4.00	3.91
11	9.65	7.21	6.22	5.67	5.32	5.07	4.89	4.74	4.63	4.54	4.40	4.25	4.10	4.02	3.94	3.86	3.78	3.69	3.61
12	9.33	6.93	5.95	5.41	5.06	4.82	4.64	4.50	4.39	4.30	4.16	4.01	3.86	3.78	3.70	3.62	3.54	3.45	3.36
13	9.07	6.70	5.74	5.21	4.86	4.62	4.44	4.30	4.19	4.10	3.96	3.82	3.66	3.59	3.51	3.43	3.34	3.25	3.17
14	8.86	6.51	5.56	5.04	4.69	4.46	4.28	4.14	4.03	3.94	3.80	3.66	3.51	3.43	3.35	3.27	3.18	3.09	3.00
15	8.68	6.36	5.42	4.89	4.56	4.32	4.14	4.00	3.89	3.80	3.67	3.52	3.37	3.29	3.21	3.13	3.05	2.96	2.87
16	8.53	6.23	5.29	4.77	4.44	4.20	4.03	3.89	3.78	3.69	3.55	3.41	3.26	3.18	3.10	3.02	2.93	2.84	2.75
17	8.40	6.11	5.18	4.67	4.34	4.10	3.93	3.79	3.68	3.59	3.46	3.31	3.16	3.08	3.00	2.92	2.83	2.75	2.65
18	8.29	6.01	5.09	4.58	4.25	4.01	3.84	3.71	3.60	3.51	3.37	3.23	3.08	3.00	2.92	2.84	2.75	2.66	2.57
19	8.18	5.93	5.01	4.50	4.17	3.94	3.77	3.63	3.52	3.43	3.30	3.15	3.00	2.92	2.84	2.76	2.67	2.58	2.50
20	8.10	5.85	4.94	4.43	4.10	3.87	3.70	3.56	3.46	3.37	3.23	3.09	2.94	2.86	2.78	2.69	2.61	2.52	2.42
21	8.02	5.78	4.87	4.37	4.04	3.81	3.64	3.51	3.40	3.31	3.17	3.03	2.88	2.80	2.72	2.64	2.55	2.46	2.36
22	7.95	5.72	4.82	4.31	3.99	3.76	3.59	3.45	3.35	3.26	3.12	2.98	2.83	2.75	2.67	2.58	2.50	2.40	2.31
23	7.88	5.66	4.76	4.26	3.94	3.71	3.54	3.41	3.30	3.21	3.07	2.93	2.78	2.70	2.62	2.54	2.45	2.35	2.26
24	7.82	5.61	4.72	4.22	3.90	3.67	3.50	3.36	3.26	3.17	3.03	2.89	2.74	2.66	2.58	2.49	2.40	2.31	2.21
25	7.77	5.57	4.68	4.18	3.85	3.63	3.46	3.32	3.22	3.13	2.99	2.85	2.70	2.62	2.54	2.45	2.36	2.27	2.17
26	7.72	5.53	4.64	4.14	3.82	3.59	3.42	3.29	3.18	3.09	2.96	2.81	2.66	2.58	2.50	2.42	2.33	2.23	2.13
27	7.68	5.49	4.60	4.11	3.78	3.56	3.39	3.26	3.15	3.06	2.93	2.78	2.63	2.55	2.47	2.38	2.29	2.20	2.10
28	7.64	5.45	4.57	4.07	3.75	3.53	3.36	3.23	3.12	3.03	2.90	2.75	2.60	2.52	2.44	2.35	2.26	2.17	2.06
29	7.60	5.42	4.54	4.04	3.73	3.50	3.33	3.20	3.09	3.00	2.87	2.73	2.57	2.49	2.41	2.33	2.23	2.14	2.03
30	7.56	5.39	4.51	4.02	3.70	3.47	3.30	3.17	3.07	2.98	2.84	2.70	2.55	2.47	2.39	2.30	2.21	2.11	2.01
40	7.31	5.18	4.31	3.83	3.51	3.29	3.12	2.99	2.89	2.80	2.66	2.52	2.37	2.29	2.20	2.11	2.02	1.92	1.80
60	7.08	4.98	4.13	3.65	3.34	3.12	2.95	2.82	2.72	2.63	2.50	2.35	2.20	2.12	2.03	1.94	1.84	1.73	1.60
120	6.85	4.79	3.95	3.48	3.17	2.96	2.79	2.66	2.56	2.47	2.34	2.19	2.03	1.95	1.86	1.76	1.66	1.53	1.38
=	6.63	4.61	3.78	3.32	3.02	2.80	2.64	2.51	2.41	2.32	2.18	2.04	1.88	1.79	1.70	1.59	1.47	1.32	1.00

Tablas obtenidas con una calculadora programable Casio FX-850P.

ANEXO D

AMFE (ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS)

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS EN ARISTON Sport

PROCESO: Desbaste

FECHA DE REALIZACIÓN: Marzo 8 de 2006

PARTICIPANTES: Jefe de producción

RESPONSABLE: Jefe de Producción

PROCESO		IMPACTO EN EL CLIENTE		IMPACTO EN EL PROCESO		MODO DE MEDICIÓN		TOTAL
	MODO DE FALLA POTENCIAL	EFECTO DE LA FALLA		CAUSAS DE LA FALLA		CONTROL ACTUAL		1*2*3
	DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN	VALOR 1	DESCRIPCIÓN	VALOR 2	DESCRIPCIÓN	VALOR 3	NPR
DESBASTE	Evitar que el Calibre del desbaste de las piezas quede fuera de especificaciones (muy delgado o muy grueso), según la orden de producción a realizar.	1. Desgarre en el cuero.	9	1. Calibración inadecuada de la máquina.	6	Inspección visual	3	162
				2. No utilización de un medidor calibrador de espesores para controlar el espesor de las piezas de cuero.	9	Inspección visual	10	810
				3. Mala calidad del cuero.	2	Inspección visual	2	36
				4. Cuero muy delgado que no debe someterse a desbaste.	4	Inspección visual	3	108
		2. Dificultad en el proceso de armado (doblado de piezas).	9	1. Calibración inadecuada de la máquina.	6	Inspección visual	3	162
				2. No utilización de un medidor calibrador de espesores.	9	Inspección visual	10	810
		3. Cortes armados con abultamientos en las uniones de las piezas.	9	1. No utilización de un medidor calibrador de espesores.	9	Inspección visual	10	810

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS EN ARISTON Sport

PROCESO: Armado

FECHA DE REALIZACIÓN: Marzo 13 de 2006

PARTICIPANTES: Jefe de producción y operarios

RESPONSABLE: Jefe de producción

PROCESO	MODO DE FALLA	IMPACTO EN EL CLIENTE		IMPACTO EN EL PROCESO		MODO DE MEDICIÓN		TOTAL
	POTENCIAL	EFECTO DE LA FALLA		CAUSAS DE LA FALLA		CONTROLES ACTUALES		1*2*3
	DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN	VALOR 1	DESCRIPCIÓN	VALOR 2	DESCRIPCIÓN	VALOR 3	NPR
ARMADO	1. Evitar la Unión incorrecta de piezas de cuero, según orden de producción.	1. Zapato torcido.	9	1. Mal modelado del zapato.	9	Inspección visual	9	729
				2. Mal diseñado.	7	Inspección visual	2	126
				3. Marcación poco visible de los puntos, en las piezas cortadas, según el molde	6	Inspección visual	6	324
				4. No ubicación de los puntos en las piezas cortadas, según el molde.	5	Inspección visual	5	225
		2. Armado torcido.	8	1. Mal modelado del zapato.	9	Inspección visual	9	648
				2. Mal diseñado.	7	Inspección visual	2	112
				3. Ubicación incorrecta, de los puntos en las piezas cortadas, según el molde	4	Inspección visual	2	64
				3. Marcación poco visible de los puntos, en las piezas cortadas, según el molde	8	Inspección visual	5	320
	2. Evitar Perforaciones de los ojales corridas.	Cordonera corrida.	3	1. Marcación poco visible de los puntos, en las piezas cortadas, según el molde	9	Inspección visual	8	216
				2. No ubicación de los puntos en las piezas cortadas, según el molde.	7	Inspección visual	6	126

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS EN ARISTON Sport

PROCESO: COSTURA

FECHA DE REALIZACIÓN: Marzo 14 de 2006

PARTICIPANTES: Jefe de producción y operarios de la sección

RESPONSABLE: Jefe de producción

PROCESO	MODO DE FALLA	IMPACTO EN EL CLIENTE		IMPACTO EN EL PROCESO		MODO DE MEDICIÓN		TOTAL
	POTENCIAL	EFECTO DE LA FALLA		CAUSAS DE LA FALLA		CONTROL ACTUAL		1*2*3
	DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN	VALOR 1	DESCRIPCIÓN	VALOR 2	DESCRIPCIÓN	VALOR 3	NPR
COSTURA	1. Evitar Costuras torcidas	1. Zapatos con costuras torcidas	9	1. Mal funcionamiento de la máquina.	4	Inspección visual	1	36
				2. Calibración inadecuada de la máquina de coser.	3	Inspección visual	2	54
	2. Evitar Costuras ubicadas cerca al borde de la pieza de cuero.	1. Zapatos con costuras reventadas	10	1. Calibración inadecuada de la máquina	3	Inspección visual	2	60
				2. Mal desbastado	4	Inspección visual	3	120
				3. Mal funcionamiento de la máquina.	3	Inspección visual	6	180
	3. Evitar Costuras Sueltas	1. Zapato con costuras sueltas	10	1. Calibración inadecuada de la máquina de coser.	2	Inspección visual	2	40
				2. Ausencia de remates.	8	Inspección visual	5	400
				3. Corte de sobrante de forro, con la costura.	9	Inspección visual	8	720

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS EN ARISTON Sport

PROCESO: MONTAJE

FECHA DE REALIZACIÓN: Marzo 21 - 06

PARTICIPANTES: Jefe de producción y operarios de la sección

RESPONSABLE: Jefe de producción

PROCESO	MODO DE FALLA	IMPACTO EN EL CLIENTE		IMPACTO EN EL PROCESO		MODO DE MEDICIÓN		TOTAL
	POTENCIAL	EFECTO DE LA FALLA		CAUSAS DE LA FALLA		CONTROLES ACTUALES		1*2*3
	DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN	VALOR 1	DESCRIPCIÓN	VALOR 2	DESCRIPCIÓN	VALOR 3	NPR
MONTAJE	1. Evitar que el Zapato quede Torcido	1. Desmontaje del zapato.	7	1. No se verificó que el corte estuviese derecho al montarlo sobre la horma	9	Inspección visual	8	504
				2. Olvidar colocar punteras y/o contrafuertes.	2	Inspección visual	2	28
				3. Mal armado.	9	Inspección visual	3	189
				4. Mal cosido.	6	Inspección visual	4	168
				5. Mal numerada la pieza de cuero en el proceso de corte.	5	Inspección visual	2	70
				6. No se verificó que al marcar la suela en el corte montado, éste estuviese derecho	7	Inspección visual	6	254
				7. Mal modelado o mal diseñado.	9	Inspección visual	8	504
				8. Mal colocadas las punteras y/o contrafuertes.	2	Inspección visual	3	42
	2. Evitar quemar el corte montado sobre la horma.	1. Reproceso	9	1. Demasiado tiempo de exposición del corte montado sobre la horma en el sofioni.	2	Inspección visual	2	36

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS EN ARISTON Sport

PROCESO: SOLADURA

FECHA DE REALIZACIÓN: Marzo 27 de 2006

PARTICIPANTES: Jefe de producción

RESPONSABLE: Jefe de producción

PROCESO	MODO DE FALLA	IMPACTO EN EL CLIENTE		IMPACTO EN EL PROCESO		MODO DE MEDICIÓN		TOTAL
	POTENCIAL	EFECTO DE LA FALLA		CAUSAS DE LA FALLA		CONTROL ACTUAL		1*2*3
	DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN	VALOR 1	DESCRIPCIÓN	VALOR 2	DESCRIPCIÓN	VALOR 3	NPR
SOLADURA	1. Evitar el mal pegue de la suela al corte guarnecido	1. Despegue de la suela.		1. Mal cardado de las suelas		Inspección visual		
				2. Aplicación/No aplicación, incorrecta de Halogenante/limpiador a las suelas		Inspección visual		
				3. Mal cardado del corte montado		Inspección visual		
				4. Tiempo de secado, del pegante aplicado a las suelas y/o al corte montado, por debajo de los 8 minutos o por encima de los 15 minutos		Inspección visual		
				5. Aplicación incorrecta o insuficiente de pegante a la suela.		Inspección visual		
				6. Tiempo de las suelas y el corte montado, en el horno reactivador, mayor o menor de 30 segundos.		Inspección visual		

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS EN ARISTON Sport

PROCESO: SOLADURA

FECHA DE REALIZACIÓN: Marzo 27 de 2006

PARTICIPANTES: Jefe de producción

RESPONSABLE: Jefe de producción

PROCESO	MODO DE FALLA	IMPACTO EN EL CLIENTE		IMPACTO EN EL PROCESO		MODO DE MEDICIÓN		TOTAL
	POTENCIAL	EFECTO DE LA FALLA		CAUSAS DE LA FALLA		CONTROL ACTUAL		1*2*3
	DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN	VALOR 1	DESCRIPCIÓN	VALOR 2	DESCRIPCIÓN	VALOR 3	NPR
SOLADURA	1. Evitar el mal pegue de la suela al corte guarnecido	1. Despegue de la suela.		7. Pegado fuera de tiempo, de la suela y el corte, una vez salen del horno reactivador.		Inspección visual		
				8. Tiempo de secado, del halogenante/limpiador en la suela, por debajo de los 45 minutos o por encima de los 120 minutos.		Inspección visual		
				9. Tiempo y presión del zapato en la bomba pegadora, mayor o menor a un minuto y mayor o menor a 70 libras/pie		Inspección visual		
				10. Impregnación de polvo o residuos que hay en el ambiente en las suelas.		Inspección visual		
				11. Falta de presión manual o ejecución inadecuada de ésta sobre el corte montado a la horma y la suela.		Inspección visual		
				12. Mal asesoramiento o falta de seguimiento, a los auxiliares del proceso de soladura, o desconocimiento de cómo realizar las tareas pertinentes al proceso.		Inspección visual		

ANEXO E

ACCIONES CORRECTIVAS

Análisis Modal de Fallos y Efectos	
PROCESO: DESBASTE	NPR crítico: > 162
FALLO: Calibre del desbaste de las piezas quede fuera de especificaciones (muy delgado o muy grueso), según la orden de producción a realizar.	
CAUSA PRINCIPAL DEL FALLO: -No utilización de un medidor calibrador de espesores para controlar el espesor de las piezas de cuero.	
CONTROLES ACTUALES: Inspección visual	
ACCIONES CORRECTIVAS: Es necesario controlar la calibración de la máquina desbastadora, para garantizar que cada pieza de cuero tenga el calibre adecuado, por lo tanto es recomendable comprar un medidor calibrador de espesores.	NPR 810

Análisis Modal de Fallos y Efectos	
PROCESO: ARMADO	NPR crítico: > 162
FALLOS: 1. Unión incorrecta de piezas de cuero, según orden de producción. 2. Perforaciones de los ojales corridas.	
CAUSAS PRINCIPALES DE LOS FALLOS:	VALOR NPR
1. Mal modelado del zapato.	729
2. Marcación poco visible de los puntos, en las piezas cortadas, según el molde	324
3. No ubicación de los puntos en las piezas cortadas, según el molde.	225
CONTROLES ACTUALES: Inspección visual	
ACCIONES CORRECTIVAS 1. El diseño y modelaje, es recomendable que lo realice preferiblemente un Diseñador Industrial, el cual tiene conocimientos profundos y técnicos en aspectos como: Anatomía del pie, sistemas de medidas, construcción de hormas, y técnicas de fabricación. Otra opción es acudir al centro de desarrollo tecnológico para las industrias del cuero y del calzado, CEINNOVA, el cual cuenta con herramientas avanzadas de diseño, así como de digitalización de hormas, digitalización y escalado de patrones y modelaje. También es necesario que el productor tenga conocimiento acerca de los requerimientos y controles de los materiales, la importancia del proceso de diseño y modelaje en la fabricación del calzado. Ver Anexo K. 2. Para asegurar la calidad del producto y ejercer un mejor control del proceso, es conveniente encargar a una persona específicamente de la inspección de la calidad, debe tener criterio y conocimiento en cada una de las etapas por las cuáles pasa el producto. 3. Para garantizar el control de calidad en cada etapa del proceso de fabricación, y aumentar la probabilidad de detección de fallos, es necesario realizar una jornada de concientización acerca de la importancia de efectuar controles en cada una de las labores realizadas, otorgándole a cada operario un instructivo donde esté descrito el proceso a realizar y los controles que deben ejecutar, así como disponer de medios visuales para que tengan siempre presente el proceso a seguir y los controles a tener en cuenta. Los instructivos se encuentran en el Anexo H.	

Análisis Modal de Fallos y Efectos	
PROCESO: COSTURA	NPR crítico: > 162
FALLOS: Costuras Sueltas	
CAUSAS PRINCIPALES DEL FALLO:	VALOR NPR
1. Ausencia de remates.	400
2. Corte de sobrante de forro, con la costura.	720
CONTROLES ACTUALES: Inspección visual	
ACCIONES CORRECTIVAS: 1. Para asegurar la calidad del producto y ejercer un mejor control del proceso, es conveniente encargar a una persona específicamente de la inspección de la calidad, debe tener criterio y conocimiento en cada una de las etapas por las cuáles pasa el producto. 2. Para garantizar el control de calidad en cada etapa del proceso de fabricación, y aumentar la probabilidad de detección de fallos, es necesario realizar una jornada de concientización acerca de la importancia de efectuar controles en cada una de las labores realizadas, otorgándole a cada operario un instructivo donde esté descrito el proceso a realizar y los controles que deben ejecutar, así como disponer de medios visuales para que tengan siempre presente el proceso a seguir y los controles a tener en cuenta. Los instructivos se encuentran en el Anexo H.	

Análisis Modal de Fallos y Efectos	
PROCESO: COSTURA	NPR crítico: > 162
FALLOS: Costuras ubicadas cerca al borde de la pieza de cuero.	
CAUSA PRINCIPAL DE FALLO:	VALOR NPR
1. Mal funcionamiento de la máquina.	180
CONTROLES ACTUALES: Inspección visual	
ACCIONES CORRECTIVAS: A las máquinas que se emplean en el área de producción se les debe realizar un mantenimiento preventivo cada tres meses, con el fin de verificar su buen funcionamiento, y no un mantenimiento correctivo, el cual es el que se emplea actualmente. Para asegurar y controlar el proceso de mantenimiento, es necesario crear un registro o un historial de cada una de las máquinas con las que se cuenta, donde se lleve un reporte de fechas que permita saber cuáles son las causas más frecuentes de detención y cuáles repuestos deben mantenerse en stock para reemplazarlos en el momento que se requieran, así como determinar la fecha en la cual se va a realizar dicho mantenimiento. (Ver Anexo J, de registros de mantenimiento).	

Análisis Modal de Fallos y Efectos	
PROCESO: MONTAJE	NPR crítico: > 162
FALLO: Evitar que el Zapato quede Torcido	
CAUSAS PRINCIPALES DEL FALLO	VALOR NPR
1. No se verificó que el corte estuviese derecho al montarlo sobre la horma	504
2. Mal armado.	189
3. Mal cosido.	168
4. No se verificó que al marcar la suela en el corte montado, éste estuviese derecho	254
5. Mal modelado o mal diseñado.	504
CONTROLES ACTUALES: Inspección visual	
ACCIONES CORRECTIVAS: 1. Para asegurar la calidad del producto y ejercer un mejor control del proceso, es conveniente encargar a una persona específicamente de la inspección de la calidad, debe tener criterio y conocimiento en cada una de las etapas por las cuáles pasa el producto. 2. Para garantizar el control de calidad en cada etapa del proceso de fabricación, y aumentar la probabilidad de detección de fallos, es necesario realizar una jornada de concientización acerca de la importancia de efectuar controles en cada una de las labores realizadas, otorgándole a cada operario una ficha donde esté descrito el proceso a realizar y los controles que deben ejecutar, así como disponer de medios visuales para que tengan siempre presente el proceso a seguir y los controles a tener en cuenta. Los instructivos se encuentran en el Anexo H.	

ANEXO F

LISTADO DE ENSAYOS REALIZADOS POR EL LABORATORIO DEL SENA

SENA CENTRO NACIONAL DEL CALZADO Y MANUFACTURA DEL CUERO

ENSAYOS DE ADHERENCIA A ZAPATO CEMENTADO, VULCANIZADO E INYECTADO

ENSAYO	MÉTODO	REQUISITO (N/mm)	MATERIAL DE LA SUELA
1. Ensayo para determinar la totalidad del zapato. Adhesión en la suela • zapatos Acondicionamiento: 72 horas a 23 °C y 50% de H.R. • Envejecimiento: 7 días a 50 C (opcional).	NTC 4919, equivalente a ISI/DIS 17708	No contiene. Se evalúa el aspecto de los materiales al terminar el ensayo: falla del adhesivo ó desgarre de sustratos.	Caucho, PVC, TR, PU.

ENSAYOS DE ADHERENCIA A ZAPATO CEMENTADO

ENSAYO	MÉTODO	REQUISITO PUNTA (Newton)	REQUISITO TACÓN (Newton)
1. Adherencia punta y tacón. •3 Intervalo: 24 horas, varios días o semanas	NTC 4919, equivalente a ISI/DIS 17708	•4 Suela caucho 295 N (30 kgf) •5 Suela PU ó PVC 250 N (25,5 kgf). •6 Protección de calzado para trabajo pesado 310 N (32 Kgf)	•7 Suela caucho 440 N (45 kgf) •8 Suela PU ó PVC 390 N (40 kgf) •9 Protección de calzado para trabajo pesado 450 N (46 Kgf)

ENSAYOS DE ADHERENCIA A ZAPATO CEMENTADO

ENSAYO	MÉTODO	REQUISITO (N/mm)	MATERIAL DE LA SUELA
2. Adherencia suela capellada •1 Después de 72 horas se realiza el ensayo	NTC 2038	≥ 53 N/cm	Caucho, PVC, TR, Poliuretano

ENSAYOS DE ADHERENCIA A ZAPATO CEMENTADO

ENSAYO	MÉTODO	REQUISITO (N/mm)	MATERIAL DE LA SUELA
2. Adherencia total en suela •2 Después de 48 horas se realiza el ensayo	Procedimiento interno L0201030	≥ 53 N/cm	Caucho, PVC, TR, Poliuretano, PU, Crupón

ENSAYOS FISICOS DE RESISTENCIA REALIZADOS A LAS SUELAS

ENSAYO	MÉTODO	REQUISITO	MATERIAL DE LA SUELA
1. Resistencia a la flexión	DIN 53543	30.000 ciclos sin presencia de rotura	Caucho, TR,.
•3 Acondicionamiento, generalmente a 72 horas.		Calzado de caballero UNE 59900:1999 ≥ 20.000 ciclos. La incisión no debe ser superior a 10 mm	Caucho, PU espumado
		Calzado de tiempo libre UNE 59930:1999 ≥ 20.000 ciclos. La incisión no debe ser superior a 10 mm	Caucho, TR, PU, PVC, PU espumado, EVA
		Calzado colegial UNE 59920:1999 ≥ 25.000 ciclos. La incisión no debe ser superior a 10 mm	Caucho, TR, PU, PVC, PU espumado, EVA

ENSAYOS FISICOS DE RESISTENCIA REALIZADOS A LAS SUELAS

ENSAYO	MÉTODO	REQUISITO	MATERIAL DE LA SUELA
1.Resistencia a la abrasión	DIN 53516	NTC 2396-1: Máximo 250 mm ³	Caucho

Nota: en el siguiente cuadro se describen otros requisitos para el ensayo de abrasión de diferentes materiales:

ENSAYO DE ABRASIÓN
La norma UNE 59900: 1999 Calzado. Calzado de caballero. Especificaciones y métodos de ensayo, define los requisitos y métodos de ensayo para la suela, según la siguiente tabla:

	Requisito						
	Material						
	Cuero	Goma (dureza elevada)*	Goma	Poliuretano (PUR) espumado	Policloruro de vinilo (PVC)		
Resistencia a la abrasión	≤ 400 ¹⁾	≤ 300	≤ 200 ⁵⁾	≤ 450	≤ 180	mm ³	UNE 53527, DIN 53516

* En líneas generales se entiende por dureza elevada la correspondiente a valores superiores a 80° Shore A. La dureza del resto de materiales para suelas, excepto el cuero, debe estar comprendida entre los 55 ° Shore A y los 80 ° Shore A.

¹⁾ La determinación de la densidad del cuero se realiza según UNE 59004.

⁵⁾ En calzado de verano, el ensayo se realiza a temperatura ambiente.

ENSAYO DE ABRASIÓN
La norma UNE 59930: 1999 Calzado. Calzado de tiempo libre. Especificaciones y métodos de ensayo, define los requisitos y métodos de ensayo para la suela, según la siguiente tabla**:

	Requisito						
	Material						
	Goma	Caucho termoplástico (TR)	Poliuretano (PUR)	Policloruro de vinilo (PVC)	Poliuretano (PUR) espumado		
Resistencia a la abrasión	≤ 200	≤ 200	≤ 180	≤ 150	≤ 400	mm ³	UNE 53527, DIN 53516

** La dureza de los materiales de suela que se indican en la tabla anterior debe estar comprendida entre los 55 ° Shore A y los 80 ° Shore A.

ENSAYOS FISICOS DE RESISTENCIA REALIZADOS A LAS SUELAS

ENSAYO	MÉTODO	REQUISITO	MATERIAL DE LA SUELA
		NTC 1082 máximo 1.25 g/cm ³	Caucho
		máximo 1,1 g/cm ³	TR
		1,25 g/cm ³	PVC
		máximo 0,6 g/cm ³	PU

ENSAYOS FISICOS DE RESISTENCIA REALIZADOS AL CUERO TERMINADO

ENSAYO	MÉTODO	REQUISITO	MATERIAL
1. Resistencia a la tracción y porcentaje de elongación	NTC 1049	NTC 2216 Según calibre de la probeta de cuero	Cuero de ganado bovino
2. Determinación del desgarre	NTC 4575 Método A y B	NTC 2216 Según calibre de la probeta de cuero	Cuero de ganado bovino
3. Determinación de la distensión	NTC 1042	NTC 2216 Mínimo 7 mm al inicio de rotura de flor	Cuero de ganado bovino
4. Resistencia a la flexión	NTC 4804	NTC 2216 Sin daños en el acabado del cuero	Cuero de ganado bovino

ENSAYOS REALIZADOS AL ACABADO DEL CUERO TERMINADO

ENSAYO	MÉTODO	REQUISITO	MATERIAL
1. Resistencia a la flexión	NTC 4804	NTC 2216 Sin daños en el acabado del cuero	Cuero de ganado bovino
2. Pérdida de la resolución del color: •4 En seco. •5 En húmedo. •6 Con solución artificial de sudor. •7 Con solvente orgánico. •8 Cualquier solución (espíritu blanco)	SATRA TM 8	UNE 59910, 59900, 59930, 59920 ≥ 3 Valoración del color ≥ 3 Valoración del grado de mancha	Cuero de ganado bovino

ANEXO G

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE ADHERENCIA SUELA - CAPELLADA

Empresa: Calzado Ariston Sport		Nit o C.C: 13800103	
Solicitante: Alexis Hernández		Dirección: Calle 17 # 12 - 32	
Teléfono: 6712088		Ciudad: Bucaramanga	
Muestra ensayada: Zapato casual color café Referencia: 353		Código muestra: 2341	
FECHAS:	<u>Recepción Solicitud</u> Abril 5 de 2006	<u>Ejecución Ensayo</u> Abril 24 DE 2006	<u>Emisión del informe</u> Abril 28 de 2006

DECLARACIÓN
♦ Los resultados de este informe sólo afectan al material sometido al ensayo. ♦ El Cliente asume en su totalidad la responsabilidad del muestreo de donde se obtuvo la muestra sometida al ensayo. ♦ La información y los datos desprendidos del ensayo, no deben reproducirse parcial o totalmente, salvo autorización del laboratorio de Control Calidad para Cuero y Calzado. ♦ La identificación del material de la suela se realizó mediante prueba cualitativa: prueba a la llama.
INFORMACION DEL ENSAYO
Ensayo solicitado: Resistencia a la adhesión suela - capellada
Norma técnica de Referencia: NTC 2038
Método de Ensayo de Referencia: NTC 2038
Equipos empleados: Dinamómetro Universal, pie de rey digital y cortadora sin fin
Velocidad separación mordazas: 50 ± 5 mm/min
Condiciones ambientales del laboratorio: entre 22 °C ± 2 °C
Intervalo de tiempo entre la adhesión de la suela y la realización del ensayo: no suministrado.
Tiempo de acondicionamiento de la muestra: 24 horas
Adhesivo empleado: no suministrado.

Muestra ensayada: Zapato casual color café	Código muestra: 2341
Referencia: 353	

EXPRESIÓN DE RESULTADOS DEL ENSAYO
Resistencia de la adhesión entre la suela y la capellada, se expresa de la siguiente manera:
R = Resistencia de la adhesión suela capellada en Newton/cm

RESULTADOS DEL ENSAYO	
MUESTRA 1	
Adherencia suela-capellada promedio (Newton/cm) = 49.2	Apreciación física de la probeta en el momento del despegue: Se presenta separación limpia entre el cuero y la suela sin desgarre.

MUESTRA 2	
Adherencia suela-capellada promedio (Newton/cm) = 55.4	Apreciación física de la probeta en el momento del despegue: Se presenta separación limpia entre el cuero y la suela sin desgarre.

MUESTRA 3	
Adherencia suela-capellada promedio (Newton/cm) = 65,7	Apreciación física de la probeta en el momento del despegue: Se presenta separación limpia entre el cuero y la suela sin desgarre.

MUESTRA 4	
Adherencia suela-capellada promedio (Newton/cm) = 70,3	Apreciación física de la probeta en el momento del despegue: Se presenta separación limpia entre el cuero y la suela sin desgarre.

MUESTRA 5	
Adherencia suela-capellada promedio (Newton/cm) = 54.2	Apreciación física de la probeta en el momento del despegue: Se presenta separación limpia entre el cuero y la suela sin desgarre.

MUESTRA 6	
Adherencia suela-capellada promedio (Newton/cm) = 66.3	Apreciación física de la probeta en el momento del despegue: Separación limpia entre los sustratos sin desgarre.

MUESTRA 7	
Adherencia suela-capellada promedio (Newton/cm) = 71.2	Apreciación física de la probeta en el momento del despegue: Se presenta separación limpia entre el cuero y la suela sin desgarre.

MUESTRA 8	
Adherencia suela-capellada promedio (Newton/cm) = 74.3	Apreciación física de la probeta en el momento del despegue: Separación limpia entre los sustratos sin desgarre.

MUESTRA 9	
Adherencia suela-capellada promedio (Newton/cm) = 49.8	Apreciación física de la probeta en el momento del despegue: Se presenta separación limpia entre el cuero y la suela sin desgarre.

MUESTRA 10	
Adherencia suela-capellada promedio (Newton/cm) = 55.9	Apreciación física de la probeta en el momento del despegue: Se presenta separación limpia entre el cuero y la suela sin desgarre.

MUESTRA 11	
Adherencia suela-capellada promedio (Newton/cm) = 65.1	Apreciación física de la probeta en el momento del despegue: Separación limpia entre los sustratos sin desgarre.

MUESTRA 12	
Adherencia suela-capellada promedio (Newton/cm) = 70.6	Apreciación física de la probeta en el momento del despegue: Separación limpia entre los sustratos sin desgarre.

MUESTRA 13	
Adherencia suela-capellada promedio (Newton/cm) = 54.8	Apreciación física de la probeta en el momento del despegue: Se presenta separación limpia entre el cuero y la suela sin desgarre.

MUESTRA 14	
Adherencia suela-capellada promedio (Newton/cm) = 66.5	Apreciación física de la probeta en el momento del despegue: Se presenta separación limpia entre el cuero y la suela sin desgarre.

MUESTRA 15	
Adherencia suela-capellada promedio (Newton/cm) = 71.7	Apreciación física de la probeta en el momento del despegue: Separación limpia entre los sustratos sin desgarre.

MUESTRA 16	
Adherencia suela-capellada promedio (Newton/cm) = 74.6	Apreciación física de la probeta en el momento del despegue: Separación limpia entre los sustratos sin desgarre.

OBSERVACIONES DEL ENSAYO
La separación entre la capellada y la suela se realizó en un dinamómetro con velocidad de separación de mordazas a 50 ± 5 mm/min y la fuerza para separar los sustratos se expresa Newton (N). El ensayo se realizó separando inicialmente la probeta suela-capellada desde la parte interna del tacón hasta la parte externa del tacón.

ANALISTA DE LABORATORIO

Hugo Román Botero

SENA CENTRO NACIONAL DEL CALZADO.

hroman@sena.edu.co.

Celular: 315 561 07 06

ANEXO H

INSTRUCTIVOS DE TRABAJO

PROCESO DE CORTE	
OBJETIVO: Garantizar la calidad en el producto terminado	
PREPARACIÓN ▪ Moldes según la Orden de Producción. ▪ Solicitar cueros, Forros, Elástico, según la Orden de Producción.	PROCESO ▪ Colocar el cuero/forro/elástico, en la mesa de corte. ▪ Ubicar correctamente los moldes a lo largo del cuero/ forro/elástico ▪ Cortar las piezas. ▪ Ordenar las piezas, puntearlas, según el molde y enumerarlas.
CONTROLES A REALIZAR ▪ Confirmar Uniformidad de la piel. ▪ Revisar que la piel no tenga Cortes, nuches, manchas. ▪ Verificar los moldes con la Orden de producción. ▪ Comprobar el número de piezas cortadas con la Orden de P ▪ Verificar que la Numeración y el figurado sean correctos.	

PROCESO DE GUARNICIÓN	
OBJETIVO: Garantizar la calidad en el producto terminado	
PREPARACIÓN ▪ Solicitar hilo, piezas de cuero, forro de cuero/sintético según Orden de Producción. ▪ Requerir piezas de elástico, marquillas, ojaletes, según Orden de producción (O.P.) ▪ Colocar marquillas en la lengüeta, según O.P. ▪ Solicitar espuma/microporosa, según Orden de Producción. ▪ Cortar las piezas necesarias de espuma/microporosa, según Orden de Producción	PROCESO ▪ Aplicar pegante en las piezas y dejar secar durante 3 minutos. ▪ Pegar las piezas. ▪ Coser las piezas ▪ Colocar el forro. ▪ Abullonar pegar y martillar. ▪ Cortar sobrantes de forro. ▪ Perforar y Colocar ojaletes, según Orden de Producción. ▪ Cortar sobrantes de hilo.
CONTROLES A REALIZAR ▪ Comprobar numeración de las piezas y estado de las piezas de cuero. ▪ Verificar la correcta unión de las piezas. ▪ Detectar forros mal pegados, arrugados y torcidos. ▪ Verificar que no haya hilos rotos o sueltos. ▪ Confirmar la Correcta calibración de la máquina de coser. ▪ Comprobar que las costuras estén derechas. ▪ Verificar que las costuras tengan remates y estén bien hechos.	

PROCESO DE MONTAJE Y ENSUELADO	
OBJETIVO: Garantizar la calidad en el producto terminado	
PREPARACIÓN DE MATERIALES ▪ Plantillas: pegar forro a la parte delantera de la plantilla. ▪ Escoger y verificar la horma según Orden de Producción (O.P) ▪ Limpiar la horma. ▪ Solicitar la cantidad necesaria de punteras y contrafuerte, según Orden de Producción (O.P). ▪ Solicitar la cantidad, referencia y color de las suelas según O.P. ▪ Fijar con tres tachuelas la plantilla a la horma. ▪ Solicitar la bolsa de cortes guarnecidos, según O.P. ▪ Recortar sobrantes de forros. ▪ Aplicar pegante TAK o Látex (según material a trabajar) a la plantilla.	PREPARACIÓN DE SUELAS ▪ Verificar el estado y la numeración de las suelas. ▪ Cardar y limpiar los bordes de la suela. ▪ Aplicación de Limpiador a suelas de PVC, Expanso y Poliuretano con cepillo para solventes y dejar actuar entre 10 y 15 minutos. ▪ O, aplicar Halogenante a suelas de caucho y TR (Goma Termoplástica) con cepillo para halogenantes y dejar actuar entre 45 y 60 minutos. ▪ Mezclar la cantidad indicada de pegante blanco y vulcanizante. Seguir ESTRICTAMENTE el procedimiento para la mezcla y cantidades adecuadas. ▪ Aplicar a la suela una capa de pegante blanco mezclada con vulcanizante ▪ Dejar secar entre 8 y 15 minutos.

PROCESO DE MONTAJE
OBJETIVO: Garantizar la calidad en el producto terminado
▪ Medir y colocar el corte guarnecido en la horma. ▪ <u>Inspeccionar que el corte guarnecido este derecho y en condiciones aceptables de trabajo.</u> ▪ Pinzar y apuntar el frente de la capellada con tachuelas. ▪ Bajar el corte a la horma. ▪ Apuntar y templar los lados de la punta. ▪ <i>Revisar que el corte este derecho y correctamente adaptado a la horma.</i> ▪ Pinzar y montar la punta. ▪ <i>Inspeccionar que el corte este derecho y correctamente adaptado a la horma.</i> ▪ Montar los cuños y lados. ▪ <i>Inspeccionar que el corte este derecho y correctamente adaptado a la horma.</i> ▪ Medir la altura de los talones de ambos pies, el par debe tener la misma altura. ▪ Introducir en el horno Envegecedor para secar y conformar el corte según las formas de la horma. ▪ Pasar por el sofioni el corte montado, sí éste tiene alguna arruga, para quitarla. ▪ Quitar las tachuelas del corte guarnecido. ▪ Roñar el corte montado.
CONTROLES A REALIZAR ▪ Verificar en los cortes: el estado del cuero, las costuras y numeración correcta. ▪ Revisar que el corte este derecho y correctamente adaptado a la horma. ▪ Inspeccionar que las punteras y contrafuertes no queden muy marcados.

PROCESO DE ENSUELADO
OBJETIVO: Garantizar la calidad en el producto terminado
PROCESO ▪ Medir y marcar el corte a la suela. ▪ Cardar el corte montado con lija de grano grueso, para levantar la capa de finizaje al cuero y dejar expuesta la madre del cuero para garantizar un mejor pegue. ▪ Limpiar la viruta resultante después de cardar el corte. ▪ Aplicar pegante blanco (PU) mezclado con el vulcanizante al corte montado. ▪ Permitir el secado entre 10 y 15 minutos. ▪ Colocar el corte montado en el horno reactivador durante el tiempo y la temperatura indicada ▪ Ensambalar y acoplar el corte montado y la suela. ▪ Prensar el zapato en la bomba pegadora de bolsa a la presión indicada durante 30 segundos. ▪ Ubicar el zapato en el estante durante un mínimo de 3-4 horas. ▪ Extraer la horma del zapato removiendo previamente el cuño de la horma. ▪ Dejar la horma en su lugar de almacenamiento. ▪ Limpiar y preparar el puesto de trabajo.
CONTROLES ▪ Verificar en los cortes: el estado del cuero, las costuras y numeración correcta. ▪ Verificar el pegue del corte a la suela. ▪ Confirmar que el tiempo de secado, tiempo en los hornos sea el indicado.

PROCESO DE TERMINADO	
OBJETIVO: Garantizar la calidad en el producto terminado	
PREPARACIÓN ▪ Solicitar zapatos según Orden de Producción (O.P). ▪ Pedir plantillas, cuños, forros según Orden de Prod. ▪ Requerir marquillas según Orden de Producción. ▪ Solicitar cajas, bolsas, cordones, punteras de cartón. ▪ Aplicar cemento de contacto a las plantillas, cuños en cuero. ▪ Pegar el forro/el cuño, a las plantillas. ▪ Coser el forro/cuño, a la plantilla. ▪ Armar las cajas y marcarlas.	PROCESO ▪ Inspeccionar el zapato. ▪ Aplicar pegante amarillo a la planta del zapato y a la plantilla. ▪ Cortar hilos sobrantes. ▪ Colocar las plantillas. ▪ Limpiar los sobrantes de pegante. ▪ Aplicar grasa y cepillar. ▪ Colocar punteras de cartón, en el interior del zapato. ▪ Colocar el número de la talla en la suela del zapato. ▪ Colocar cordones. ▪ Pintar orillos. ▪ Introducir los zapatos en una bolsa y luego en la caja.
CONTROLES A REALIZAR ▪ Verificar que el zapato esté derecho ▪ Inspeccionar que los forros no tengan arrugas ▪ Confirmar que el la piel del zapato esté en buenas condiciones. ▪ Verificar que el zapato esté limpio de grasas, pegantes, etc. ▪ Verificar que el corte esté bien pegado a la suela.	

ANEXO I

PROCESO DE INDUCCIÓN

PROCESO DE INDUCCIÓN

OBJETIVO: Proporcionar al nuevo integrante información respecto a: la cultura de la organización (usos y costumbres internos), estructura organizacional, el cargo que se va a ocupar, y expectativas frente al trabajo a realizar.

1. Inducción

Una vez citado el nuevo empleado llega a la empresa donde es acogido por el Asistente Administrativo y el Jefe de producción, quiénes le dan la bienvenida y le realizan una pequeña reunión donde le dan a conocer información importante de la empresa, como: la historia, misión, visión, objetivos Globales de la Organización, políticas y directrices, estructura Organizacional, productos ofrecidos, reglas y procedimientos internos junto con una breve charla e introducción a los mismos.

2. Recorrido por las Instalaciones

Una vez terminada la reunión, el Jefe de producción le da inicio a un recorrido por las instalaciones mostrándole cada una de las áreas, ubicación de oficina, almacenes de materia prima y producto terminado, área de corte, desbaste, pintura, guarnición y terminado; describiéndole cada uno de los procesos y presentándole a cada uno de los futuros compañeros de trabajo.

3. Visita al puesto de trabajo

Al terminar el recorrido por las instalaciones el Jefe de Talento Producción lleva al nuevo integrante al sitio donde realizará su trabajo; allí le presenta al jefe de sección (en caso de ser operario), éste le indicará cuáles son las responsabilidades básicas del cargo, las tareas, los objetivos, las metas y resultados que deben alcanzarse.

También se le indicara cuáles son sus instrumentos de trabajo y cuáles debe llevar (en caso de ser operario), las máquinas que tiene que manejar (en caso de ser operario) y las instrucciones de emergencia que debe tener en cuenta.

En caso de ser operario se le hará una demostración del trabajo a realizar, se le invita a que también la lleve acabo y posteriormente se le hará una

inspección, para luego determinar sus falencias y tomar las medidas necesarias (capacitación, cursos) para que pueda iniciar su labor, sin ningún inconveniente.

4. Presentación ante superiores y conocimiento de asuntos administrativos

Finalizado el reconocimiento al puesto de trabajo, se lleva al nuevo empleado a presentarlo ante la gerencia.

Luego de la presentación ante los superiores se le informa al nuevo miembro sobre el horario de trabajo, de descanso, los días de pago y anticipos salariales y el programa de beneficios sociales (si el cargo los tiene) ofrecido por la Organización, así como los debidos procedimientos que debe realizar en caso de ausencias del trabajo, como son los registros de controles, las políticas para la utilización de teléfonos, los programas de entrenamiento (si el cargo los requiere), planes educativos, entre otros.

ANEXO J

REGISTROS DE MANTENIMIENTO

CALZADO ARISTON Sport.	REGISTRO CRONOLÓGICO DE MANTENIMIENTOS	Número: 001
MÁQUINA : Bomba Pegadora	OPERARIO HABITUAL:	
FABRICANTE:	MODELO:	
FECHA DE COMPRA:	MARCA:	
MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS		
PERIODICIDAD DE LOS MANTENIMIENTOS	ELEMENTOS A REVISAR	
	1	
	2	
	3	
	4	
	5	
	6	
	7	
	8	
	9	
	10	

CALZADO ARISTON Sport.	REGISTRO CRONOLÓGICO DE MANTENIMIENTOS	Número: 002
MÁQUINA : Desbastadora	OPERARIO HABITUAL:	
FABRICANTE:	MODELO:	
FECHA DE COMPRA:	MARCA:	
MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS		
PERIODICIDAD DE LOS MANTENIMIENTOS	ELEMENTOS A REVISAR	
	1	
	2	
	3	
	4	
	5	
	6	
	7	
	8	
	9	
	10	

CALZADO ARISTON Sport.	REGISTRO CRONOLÓGICO DE MANTENIMIENTOS	Número: 003
MÁQUINA : Horno Reactivador	OPERARIO HABITUAL:	
FABRICANTE:	MODELO:	
FECHA DE COMPRA:	MARCA:	
MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS		
PERIODICIDAD DE LOS MANTENIMIENTOS	ELEMENTOS A REVISAR	
	1	
	2	
	3	
	4	
	5	
	6	
	7	
	8	
	9	
	10	

CALZADO ARISTON Sport.	REGISTRO CRONOLÓGICO DE MANTENIMIENTOS	Número: 004
MÁQUINA : Troqueladora	OPERARIO HABITUAL:	
FABRICANTE:	MODELO:	
FECHA DE COMPRA:	MARCA:	
MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS		
PERIODICIDAD DE LOS MANTENIMIENTOS	ELEMENTOS A REVISAR	
	1	
	2	
	3	
	4	
	5	
	6	
	7	
	8	
	9	
	10	

CALZADO ARISTON Sport.	REGISTRO CRONOLÓGICO DE MANTENIMIENTOS	Número: 005
MÁQUINA : Horno Conformador	OPERARIO HABITUAL:	
FABRICANTE: Master Tecnología para la Industria	MODELO: TH - 110	
FECHA DE COMPRA:	MARCA: Master	
MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS		
PERIODICIDAD DE LOS MANTENIMIENTOS	ELEMENTOS A REVISAR	
	1	
	2	
	3	
	4	
	5	
	6	
	7	
	8	
	9	
	10	

CALZADO ARISTON Sport.	REGISTRO CRONOLÓGICO DE MANTENIMIENTOS	Número: 006
MÁQUINA : Máquinas Cosedoras de Poste	OPERARIO HABITUAL:	
FABRICANTE:	MODELO:	
FECHA DE COMPRA:	MARCA:	
MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS		
PERIODICIDAD DE LOS MANTENIMIENTOS	ELEMENTOS A REVISAR	
	1	
	2	
	3	
	4	
	5	
	6	
	7	
	8	
	9	

MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA Y EQUIPO		
<i>CALZADO ARISTON Sport.</i>	SOLICITUD DE REPARACIÓN	Número
SOLICITADO POR:	FECHA:	HORA:
MÁQUINA / EQUIPO:		
DESCRIPCIÓN GENERAL DEL DAÑO / REPARACIÓN		
FECHA Y HORA APROXIMADA DE REALIZACIÓN		

ANEXO K

CONTROL DEL CONFORT

ANEXO K

CONTROL DEL CONFORT

El Confort que depende del diseño y los materiales, se debe controlar, conociendo en primera instancia, cuáles son las principales características de los materiales y que son fundamentales tanto para el productor como para el cliente final, con el fin de realizar o exigir a los proveedores las pruebas o ensayos de los materiales en el momento de la compra.

En cuanto al diseño, el control se debe realizar, por medio del conocimiento más detallado del proceso, con el fin de que el fabricante pueda estar al tanto de los aspectos en los que puede realizar mayor énfasis, antes de sacar una colección al mercado, y de ésta forma asegurar la aceptación del cliente final.

ASPECTOS A TENER EN CUENTA EN LOS MATERIALES:¹⁶

La resistencia de los materiales, debe ser prevenida antes de la fabricación, procurando que todos los materiales resistan perfectamente a todos los esfuerzos de la deformación a que van a ser sometidos, es muy importante que cada uno de los componentes tenga una respuesta de acuerdo con lo que se espera de ellos.

Todos los materiales que componen el calzado deben tener las suficientes cualidades para evitar problemas, tales como la acumulación de sudor y sus consecuencias, aumento de temperatura, desarrollo de microorganismos que produzcan putrefacción, reblandecimiento de la piel con la posible aparición de enfermedades cutáneas o heridas, etc.

El pie está sujeto a una serie de esfuerzos y trabaja en condiciones tales, que los materiales y fundamentalmente de empeine y de forro, deben obedecer una serie de solicitudes tanto mecánicas como técnicas.

¹⁶ Fuente: Tecnología del calzado, José María Amat AMER, 1992

Las propiedades mecánicas de los materiales, entre otras, deben permitir:

- a) Un espacio suficiente para no comprimir excesivamente al pie, y si los materiales son recubiertos o sintéticos, tratar de cortar en el sentido del máximo alargamiento.
- b) Una adecuada conformación en los hornos de estabilización, evitando holguras innecesarias.
- c) Tratar, en lo posible, de realizar los modelos con la mayor simplicidad evitando todos aquellos adornos que reduzcan la flexibilidad, sobre todo en los lugares de mayor solicitud.
- d) Los esfuerzos de puntera y talón excesivamente duros y rígidos o excesivamente largos, que puedan impedir la adecuada flexibilidad.
- e) La utilización de suelas flexibles que no dificulten la marcha dando lugar a un mayor esfuerzo del requerido.

En cuanto a las propiedades térmicas, los materiales para calzado deben prevenir al pie de cualquier acontecimiento exterior, como lluvia, frío o sudor interior, temperatura elevada etc.

Todos los materiales deben ser permeables al vapor de agua e impermeables al agua.

Los materiales de empeine serán aislantes térmicamente, si se tienen en cuenta las siguientes consideraciones sobre su utilización:

- 1) Es conveniente un forro para aumentar el aislamiento y favorecer la absorción de humedad del pie.
- 2) No deben utilizarse forros impermeables, sobre todo cuando el empeine lo forma un sintético. Es preferible el empleo de piel de baja calidad y forro de cuero, que piel de empeine y forro de plástico.
- 3) La plantilla debe ser siempre de piel, evitando sintéticos o demasiado pegante que dificulte el paso de la humedad del pie.

- 4) Los pisos de cuero, son preferibles a los de caucho o sintéticos. Los pisos deben ser aislantes o impermeables.
- 5) Los adhesivos bloquean la permeabilidad, por ello, el pegado de forros, telas, punteras, etc., deben realizarse por puntos .
- 6) Las punteras y contrafuertes deben ser permeables al vapor de agua y lógicamente son aconsejables los que estén fabricados a base de cueros.
- 7) La planta del montado debe tener la cualidad de absorber el sudor y desabsorberlo durante el descanso, con el fin de que no se acumule, realizando la función de secante.

Los materiales que principalmente tienen en cuenta los clientes al realizar una compra de calzado son: el cuero, la suela y los forros; en los cuales el comprador evalúa esencialmente su apariencia, y la durabilidad y comodidad que les puedan representar en el momento del uso.

Principales Controles a tener en cuenta en la calidad en el cuero:¹⁷

En la calidad del cuero influyen gran cantidad de variables que dependen principalmente del tratamiento que se les haya dado a lo largo de su cadena productiva (Ver Capítulo dos numeral 2.1.4.1 .cuero), y que se evalúan una vez se le ha dado el respectivo uso; por lo tanto el fabricante de calzado debe tenerlas muy presentes, para exigir las a las curtiembres en el momento de la compra, por medio del resultado de pruebas o ensayos que le realicen a ésta materia prima y que certifiquen su calidad, y así poder cumplir con los requerimientos del usuario final. Las principales pruebas o ensayos a realizar o exigir al proveedor son las siguientes:

¹⁷ Fuente: Guía para la selección de ensayos, Centro Nacional del calzado y Manufactura del cuero (SENA, Antioquia).

- Resistencia a la tracción y el porcentaje de elongación, es decir la resistencia estructural que tiene el cuero cuando está sometido a fuerzas en diferentes direcciones, principalmente en la capellada.
- Resistencia al desgarre o capacidad del cuero para resistir las diferentes tensiones multidireccionales a las que se encuentra sometido en sus usos prácticos, como: en el cosido, ojales y en todas las piezas con orificios o entalladuras sometidas a tracción.
- Resistencia a la flexión continuada y su acabado de superficie, ya que al ser flexionado repetidamente en su uso práctico, se va deteriorando el acabado y el cuero.
- Resistencia a la absorción de agua, es decir el cuero debe tener cierta confortabilidad para absorber humedad causada por la transpiración del usuario.
- Resistencia a la permeabilidad al vapor de agua, la permeabilidad al vapor de agua es la masa de vapor transmitida por el cuero por unidad de superficie y tiempo. La capacidad del cuero para transmitir el vapor de agua es una de las cualidades más importantes.
- La solidez, es decir la capacidad del cuero para resistir a las influencias externas que tienden a modificar el color y el aspecto de la superficie; las influencias externas que pueden alterar el cuero son: el contacto con superficies potencialmente agresivas, acciones físicas (mecánicas, térmicas y radiantes) y operaciones de lavado y limpieza.

Principales Controles de calidad a tener en cuenta en las suelas¹⁸

El fabricante de calzado en el momento de realizar la compra de las suelas debe tener en cuenta ciertos aspectos de calidad y exigirlos al proveedor, con el fin de ofrecerle al usuario final un producto cómodo, durable, con apariencia aceptable y asegurar que en la fabricación no se presenten pérdidas económicas por reprocesos o devoluciones. . Las principales pruebas o ensayos a realizar o exigir al proveedor son las siguientes:

- Resistencia a la flexión repetida, ya que la suela de un zapato en su uso normal está sometida a flexiones continuas que pueden generar rasgamientos o fracturas.
- Uniformidad en el material.
- Resistencia a la Abrasión del caucho y elastómeros.

DISEÑO¹⁹

Uno de los problemas del calzado colombiano es la ausencia de una verdadera “cultura de diseño”. El diseño y desarrollo del producto siempre se ha realizado empíricamente. Las empresas acuden simplemente a consultar revistas, páginas Web, sin lograr una verdadera identidad empresarial y una diferenciación y especialización del producto, contratan modelistas o copistas para desarrollar los moldes de productos generados en otros países.

El fabricante de calzado debe tener bien claro la importancia del proceso de diseño en la fabricación del calzado así como los principales aspectos en los que se debe enfocar , para poder sacar al mercado un producto que cumpla

¹⁸ Fuente: Guía para la selección de ensayos, Centro Nacional del calzado y Manufactura del cuero (SENA, Antioquia).

¹⁹ Fuente: Tecnología del calzado José María Amat Amaer, Manual para la formación de supervisores (CDP del cuero)

las exigencias de los consumidores, los cuáles hoy en día en su mayoría, solamente buscan el diseño, se guían por la moda, o las tendencias del momento, y compran sólo aquello que causa impacto; también hay que tener en cuenta otro grupo de personas que aprecian un buen calce y lo relacionan con la comodidad y el confort.

El primer aspecto a considerar al hablar de confort, es el diseño del modelo y, fundamentalmente, de la horma. La horma y sus volúmenes influyen decisivamente en el confort, por ende es conveniente antes de escoger una u otra horma, tener en cuenta una serie de normas, a saber:

1. Conocer por medio de los resultados obtenidos en encuestas nacionales, las medidas y dimensiones del pie normal medio.
2. Aceptar las sugerencias que sobre hormas se estén divulgando en revistas o publicaciones especializadas.
3. Experimentar con hormas, de Empresas prestigiosas por estos conceptos de calidad y confort, los anchos y dimensiones.
4. Determinar el diseño del zapato en función de la moda y adecuarlo a la horma.
5. Calcular los anchos necesarios para cada largo, para calzar en las mejores condiciones, la mayor cantidad de usuarios.

Dentro del diseño se deben considerar varios aspectos:

▪ *Potencialidad y Posibilidades reales de la fábrica:*

La empresa debe conocer sus capacidades reales de producción. La posibilidad se refiere a la calidad del producto y el nivel de especialización de la fábrica.

La precisión de esta evaluación conociendo la capacidad técnica, productiva y las habilidades, destrezas y niveles de eficiencia de la mano de obra, permitirán la propuesta de una colección adaptada a la producción.

- *Mercado Meta (Target)*

La empresa debe tener claramente identificado el perfil del consumidor que atiende, lo cual permitirá que la especialización de la fábrica (hombre) y la orientación hacia líneas específicas como juvenil, confort, sport, moda, etc.

El mercado dará la pauta para la adecuación de la colección, teniendo en cuenta los gustos, preferencias y especificaciones técnicas (calzada de la horma, etc)

- *Mercado de Destino*

El conocimiento claro del mercado de destino facilitará la conceptualización de la colección, por ésta razón no todos los mercados responden a colecciones de última moda. Además es indispensable conocer aspectos como: las características anatómicas, los materiales requeridos de acuerdo con el clima, que deberán acoplar por ejemplo, materiales impermeables con forros térmicos, suelas antideslizantes, etc.

- *Experiencia Personal*

La experiencia personal se traduce en la compilación de vivencias en las que se han evaluado el éxito o fracaso de las diferentes colecciones para implementar las nuevas propuestas.

- *Investigación del Mercado*

La investigación sistemática de mercados, tendencias, modas, nuevos materiales, nuevos usos, son una fuente de creatividad indispensables. De la compilación metódica y puesta en práctica de lo investigado, dependerá en gran parte el éxito de la colección.

Como se mencionó anteriormente, la moda y las tendencias son algunos de los aspectos fundamentales a tener en cuenta en el diseño de calzado, ya que por medio de la moda se incentiva al consumidor a que adquiera un par de zapatos

y sí un zapato es técnicamente perfecto pero está fuera de su tiempo o de su momento, dará la sensación de ser una prenda inadecuada o fracasada.

La industria del calzado encierra la gran responsabilidad y el gran riesgo de acertar al menos dos veces al año. Dos temporadas en que la variación de los materiales, coloridos y estilo condicionan al nuevo muestrario y ponen a prueba la capacidad creativa de la colección de la que dependerá el éxito o el fracaso.

La fase operativa del diseño se hace cuando se descompone el producto teniendo en cuenta los componentes del calzado: horma, tacón, suela, materiales color, línea, volumen y proporción, y además se involucra el concepto de costos para el desarrollo de cada modelo de la colección, de acuerdo con el mercado que se atiende.

MODELAJE ²⁰

Después de diseñada la línea, se procede al proceso de modelaje, este es uno de los procesos más importantes para la elaboración del calzado; en este punto es indispensable que quien lo realice tenga conocimientos profundos y técnicos en aspectos como: Anatomía del pie, sistemas de medidas, construcción de hormas, técnicas de fabricación, debido a que hacer un zapato que se ajuste al pie no es tan fácil como hacer una prenda de vestir que se ajuste al cuerpo; los pies varían en forma, son curvilíneos y se depende de ellos para moverse durante un promedio de setenta años, por esto el zapato debe ser flexible, especialmente en la parte carnosa del metatarso para que el pie se mueva y se doble correctamente.¹

ANATOMIA DEL PIE

Para elaborar la horma, el primer paso a dar es la obtención de todas las medidas que conforman las dimensiones del pie, para esto es necesario que en

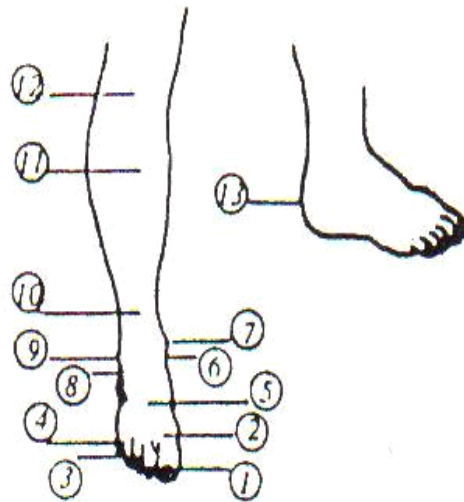
²⁰ Fuente: Tecnología del calzado José María Amat Amaer

todos los países se realice una encuesta de cada tipo de población, para determinar el tipo o los tipos de pie y pierna que caracterizan a ese grupo de población.

Las medidas a tomar son las siguientes:

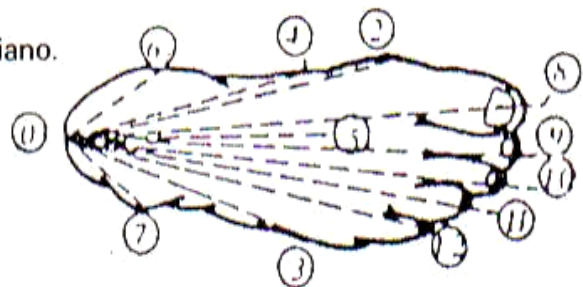
TRECE ALTURAS

- 1.- Extremo del primer dedo.
- 2.- Primera articulación, primer dedo.
- 3.- Máxima de los dedos.
- 4.- Del quinto dedo.
- 5.- Del empeine.
- 6.- Por debajo del maléolo interno.
- 7.- Del maléolo interno.
- 8.- Por debajo del maléolo externo.
- 9.- Del maléolo externo.
- 10.- Del cuello del empeine.
- 11.- De la pantorrilla.
- 12.- Por debajo de la rodilla.
- 13.- Del saliente del talón.



DOCE LONGITUDES

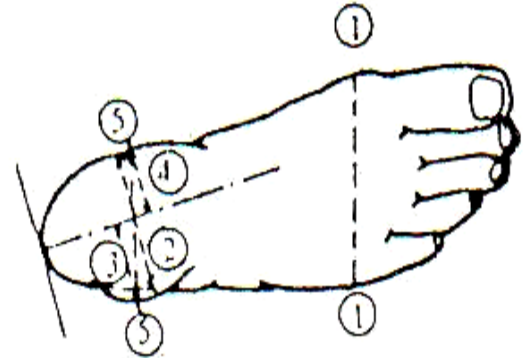
- 1.- Total de pie.
- 2.- Talón-articulación interior.
- 3.- Talón-articulación exterior.
- 4.- Talón-cabeza primer metatarsiano.
- 5.- Talón-empeine.
- 6.- Talón-maléolo interno.
- 7.- Talón-maléolo externo.
- 8.- Talón-extremo primer dedo.
- 9.- Talón-extremo segundo dedo.
- 10.- Talón-extremo tercer dedo.
- 11.- Talón-extremo cuarto dedo.
- 12.- Talón-extremo quinto dedo.



La longitud total es desde el talón al dedo más largo.

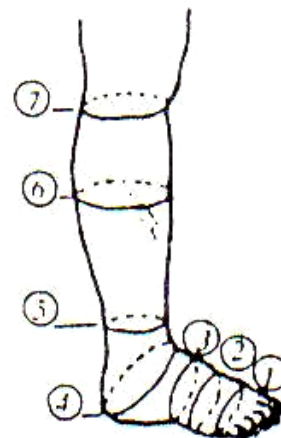
CINCO ANCHOS

- 1.- Articulación metatarso-falángica.
- 2.- Del talón.
- 3.- Maléolo exterior-eje del pie.
- 4.- Maléolo interior-eje del pie.
- 5.- Entre los maléolos.



SIETE PERIMETROS

- 1.- Articulación metatarso-falángica.
- 2.- Retención.
- 3.- Empeine.
- 4.- Entrada.
- 5.- Cuello de pie.
- 6.- Pantorrilla.
- 7.- Por debajo de la rodilla.



También se debe incluir en el informe el peso, la altura, la edad, la procedencia familiar, población y fecha.

Una vez recogidos los resultados, analizados y clasificados, se obtendrán los valores Standard para los distintos tipos de calzados.

Los útiles de medida son: el marco y la cinta.

Marco: consiste en una superficie lisa cuyos lados están graduados, uno en puntos y otro en centímetros.

Cinta: lleva las mismas graduaciones que el marco, pero uno por cada cara de la cinta.

En definición el modelaje es la etapa del proceso que permite ajustar el diseño deseado a la horma para la obtención del patrón base.

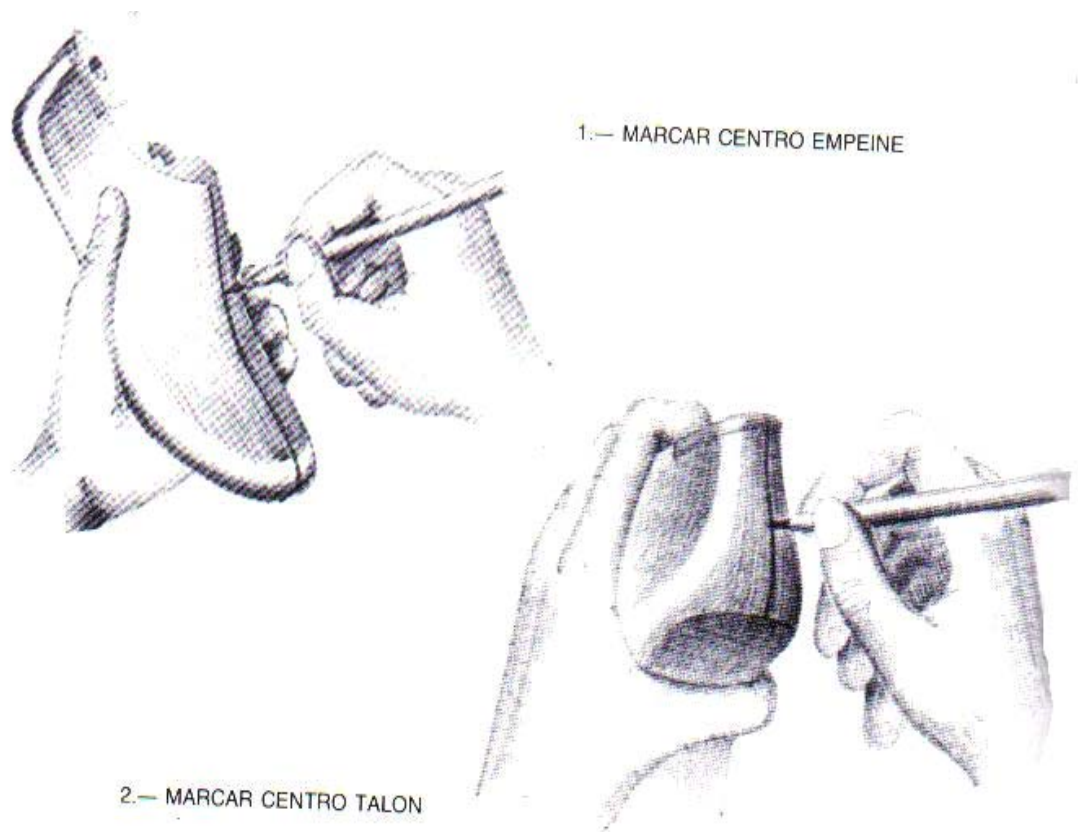
El proceso de modelaje comprende las etapas de:

1. Definición de la horma
2. Plantilla, contrafuerte y puntera.
3. Enmascarado de la horma.
4. Trazo de diseño.
5. Desprender de la horma el enmascarado y pasarlo a la cartulina (bajar el diseño al plano).
6. Desarrollo del patrón base (primer molde que usará para construir el prototipo).
7. Construcción del prototipo y prueba de calzabilidad.
8. Revisión y ajustes al prototipo o modelo inicial.
9. Elaboración de la muestra final.
10. Gestión comercial y venta de los modelos.
11. Ajuste de los modelos.
12. Escalado de la serie.

El modelaje es el conjunto de operaciones que conducen a la obtención del patrón fundamental. Son dos los tipos de modelaje utilizados, el modelaje sobre la horma y el modelaje geométrico.

MODELAJE SOBRE LA HORMA

Para realizar el ajuste sobre la horma, lo primero que se debe hacer es elegir la horma apropiada. Sobre la horma se señala al centro del talón y el centro del empeine, es decir dividiendo la horma en dos mitades.



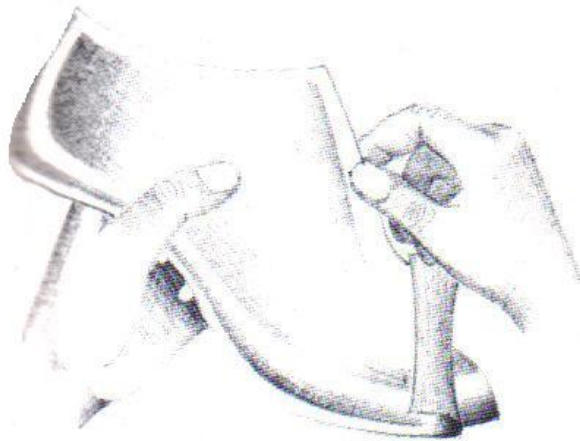
Se coloca sobre la parte exterior de la horma un papel adhesivo y se marca en el mismo todo el contorno exterior de la horma, incluso la línea del hueco. Una vez señalada la parte exterior, se despega el papel y se vuelve a pegar en el costado interior de la horma, realizando el marcado de la zona de montado de dicha parte. Al despegarlo definitivamente, se recorta el papel sobrante de las líneas marcadas, haciendo una pequeña ranura en la zona de montado exterior. Una vez obtenida la plantilla, se debe pasar a un papel más resistente, utilizando para ello papel tipo kraff, poniéndolo doble con el fin de obtener la plantilla completa.

La plantilla adhesiva, inicialmente obtenida, se sitúa sobre el papel kraff doble, de tal forma, que la línea de punta a hueco, coincida con el extremo superior del papel kraff, exactamente donde dicho papel se dobla. Colocada la plantilla, se marca la línea de hueco y montado, dando a este último 15 mm más de sobrante a todo el contorno; una vez hecho esto, se recorta el sobrante de las líneas marcadas y queda resuelta la plantilla definitiva o patrón plano.

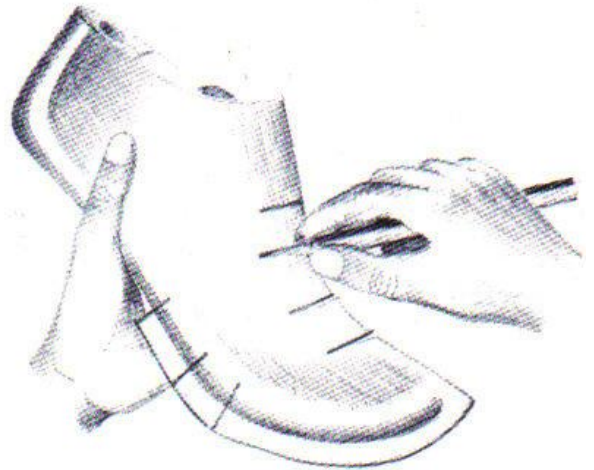
Luego se procede al sacado de las distintas piezas que componen el modelo, incrementadas en las siguientes medidas:

Sobrante para doblado	4 mm.
Sobrante para entre	8 mm.
Sobrante para costura	1·5 mm
Festón.....	0·5 mm.

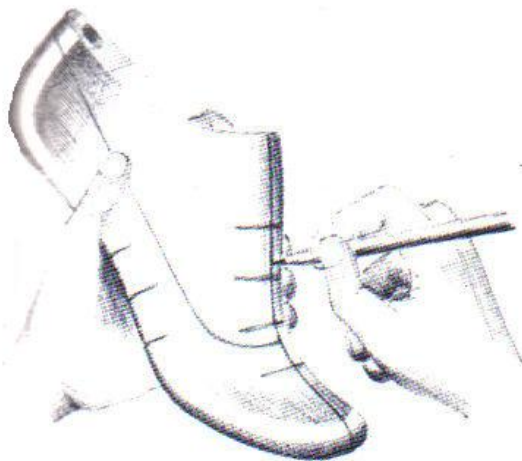
Las piezas así sacadas están en disposición de ser escaladas.



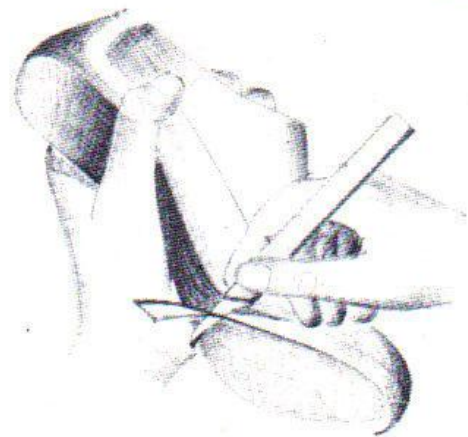
3.— APLICAR PAPEL ADHESIVO



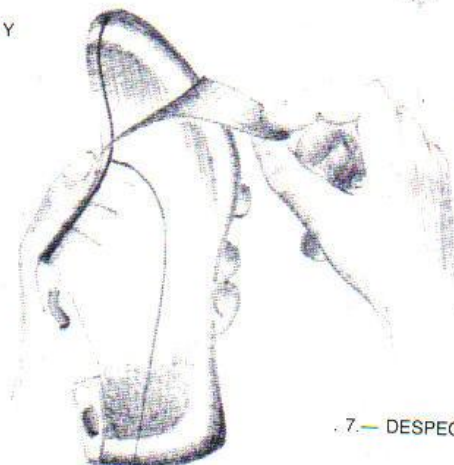
4.— HACER CORTES EN ZONAS OBLIGADAS



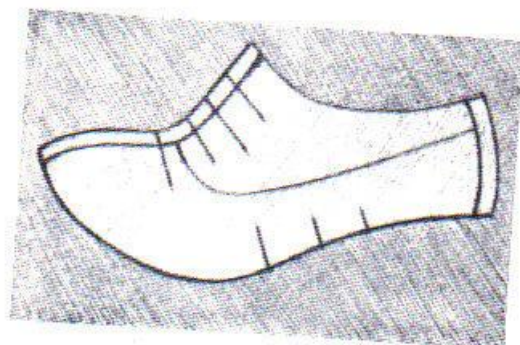
5.— MARCAR CENTROS Y HUECO EN PAPEL



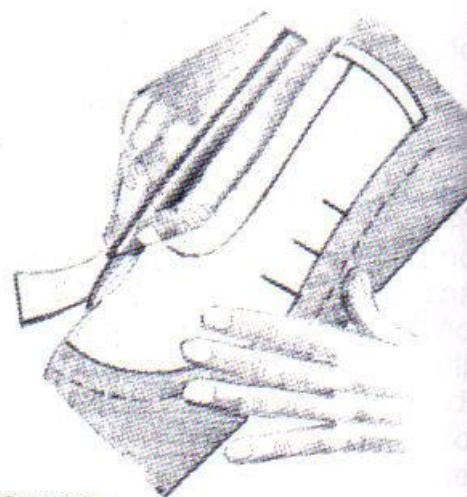
6.— RECORTAR SOBRANTE



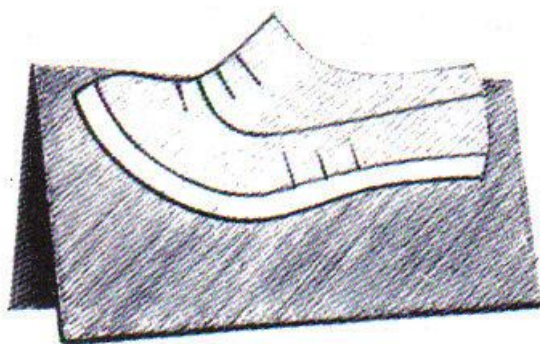
7.— DESPEGAR A PAPEL



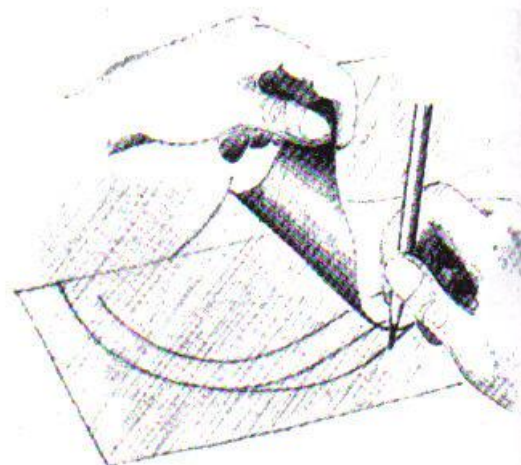
8.— PEGAR EN PAPEL DE REFUERZO



9.— RECORTAR PAPEL DE REFUERZO SOBRANTE



10.— COLOCACION DE PLANTILLA SOBRE PAPEL DOBLE



11.— MARCADO DE LA PLANTILLA EN EL PAPEL DOBLE



12.— PATRON PLANO



13.— TREPA

DEFECTOS Y FALLOS PRODUCIDOS POR UN INADECUADO MODELAJE

El modelista debe tener presente que un modelaje deficiente puede provocar problemas en el curso de la fabricación; algunos de estos problemas pueden ser:

1. Un margen escaso puede producir roturas o agrietamientos en el montado del zapato, al trabajar al límite de tensión por acción de las pinzas.
2. Un figurado inadecuado en dobleces o capellada, provoca tensiones en el montado.
3. Ajuste inadecuado al quiebre y forma de la horma, produce arrugas y puede romper al ser montado.
4. Tamaño inadecuado del hueco, puede verse el zapato frenado en la entrada, rompiendo el canto del montado.

DISEÑO POR COMPUTADOR

Algunas fábricas de calzado han adoptado las técnicas CAD/CAM, para el estudio del diseño asistido por computador.

El sistema cuenta con una amplia gama de máquinas que ofrecen en definitiva, el mismo trabajo que el realizado manualmente.

Creación del Modelo

Sobre una pantalla gráfica de dos dimensiones, el diseñador dispone de más de 4.000 posibilidades de colorido con las que dibuja a mano alzada y colorea el modelo que pretende crear.

Es posible que partiendo de modelos ya creados, con pequeñas modificaciones, diseñe nuevos modelos.

Una vez conseguido el modelo deseado en pantalla, se procede a su digitalización.

El sistema permite la modificación de parte del modelo, corrección de piezas etc. Los utensilios utilizados para el dibujo quedan sustituidos por el lápiz magnético.

Ventajas

Las ventajas que ofrece el sistema de diseño asistido por computador, son los siguientes:

- a) Reducción del tiempo utilizado para la creación, elaboración y escalado.
- b) Ejecución de modelos más exactos.
- c) Mejor ajuste y más elevada productividad.
- d) Mejor rendimiento del material.

En cuanto al escalado, se puede decir que una vez introducidos los datos se produce el despiece de patrones en pantalla a partir del patrón plano; los patrones pueden ser transformados y modificados también en la pantalla.

El sistema permite el escalado en todas sus series con gran exactitud y rapidez. Al realizar el patronaje y el escalado, se introducen en el computador los coeficientes de crecimiento que correspondan, bien al punto francés, inglés, americano o mondopoint.

Posteriormente las piezas a cortar se encajan en pantalla y se transmite esta colocación a un cortador automático con cuchilla vibrante que puede cortar hasta 30 cuerpos de tejidos sintéticos.

Cuando se corta piel, se realiza por patrones y la máquina facilita el corte automático de patrones de cartón por rayo láser; se pueden cortar entre dos o tres juegos por hora, dependiendo del número de piezas del modelo. También se pueden cortar a máquina automática, bien por cuchilla vibrante o por chorro de agua.

TIPOS DE ESCALADO

La obtención de los diferentes tamaños del patrón fundamental, de acuerdo a unas escalas preestablecidas pueden realizarse de dos formas: Escalado Manual y Escalado Automático.

Escalado Manual: consiste en obtener los diferentes patrones, utilizando para ello el pantógrafo manual y la cizalla.

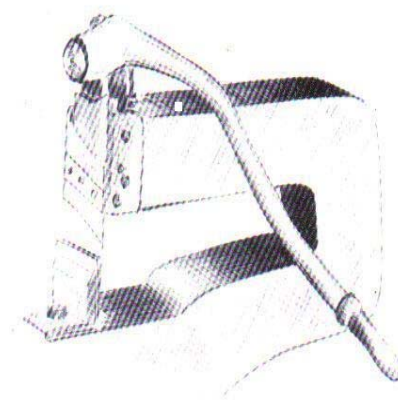
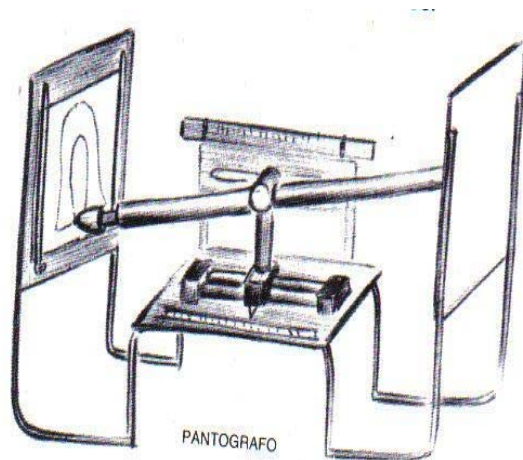
Escalado Automático: consiste en la utilización de la máquina automática de escalar patrones.

PANTOGRAFO Y CIZALLA

En el escalado manual se utiliza el pantógrafo para reproducir a escala y la cizalla para cortar los patrones.

El pantógrafo manual consta fundamentalmente de dos tablillas situadas una enfrente de la otra, unidas mediante un soporte sobre el que se desliza un cuerpo central que soporta una barra situada en sentido transversal, que termina a ambos lados en sendas puntas en contacto con las tablillas; una de las puntas es un punzón que sirve de guía, y la otra marca sobre el cartón o papel que se coloca en una de las tablillas el contorno que señala el punzón al deslizarse por los cantos de las piezas que forman el patrón fundamental y que se encuentran sujetas a la otra tablilla. El cuerpo central posee, además dos escalas graduadas y sobre las que se mueven unos indicadores que nos señalarán la numeración a escala deseada.

Una vez obtenidas las piezas dibujadas sobre el cartón, a las escalas convenientes, se procede a su recortado por medio de la cizalla, que es un instrumento de corte formado por dos cuchillas que actúan en sentidos contrarios, permaneciendo una de ellas fija y produciendo un corte limpio sobre el cartón; la palanca de accionamiento de la cizalla, posee un contrapeso para asegurar su retorno a la posición inicial.



MAQUINA DE ESCALAR AUTOMATICA

La máquina está compuesta por dos pantógrafos: uno para el desarrollo del largo y el otro para el ancho; por lo tanto, es necesario determinar previamente estas dos dimensiones del modelo que se va a escalar. Si se trata de un modelo que se compone de diversas piezas, deben reunirse éstas con una costura de pala.

Para proceder al escalado de un modelo, lo primero que debe hacerse es calcular la escala adecuada, bien sea la escala francesa (un punto 6'66 mm) o la inglesa (un punto 8'46 mm).

La adaptación del sistema CAD/CAM al escalado, ha dado lugar a una mayor rapidez y calidad. El sistema está dotado de un tablero de corte que trabaja por interpolación de los ejes x-y. Una memoria central donde se almacenan los modelos a escalar, con indicación de tamaños, formas y detalles constructivos. A través de la pantalla puede visualizarse el menú y elegir el programa de ejecución, pudiendo incluso crear el propio dibujo y almacenarlo en memoria, así mismo se corrigen dibujos establecidos para adaptarlos a la nueva colección.

