

ESTANDARIZACIÓN DEL CONTROL DE CALIDAD EN EL PROCESO DE CORTE PARA LA EMPRESA TEC LASER S.A.

Cristian Camilo Cala Mendivelso
Erik Sebastian Barrera Quintero

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Facultad Tecnológica
Bogotá D.C., Colombia
2025

ESTANDARIZACIÓN DEL CONTROL DE CALIDAD EN EL PROCESO DE CORTE PARA LA EMPRESA TEC LASER S.A.

Cristian Camilo Cala Mendivelso
Erik Sebastian Barrera Quintero

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar por el título de:
Ingeniero Mecánico

Director: **Ing MSc Mauricio González C**

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Facultad Tecnologica
Bogotá D.C., Colombia
2025

Índice

Introducción **7**

Resumen **8**

1 Planteamiento del estudio **9**

1.1 **Planteamiento del problema** 9

1.2 **Objetivos** 9

1.2.1 ***Objetivo General*** 9

1.2.2 ***Objetivos Específicos*** 9

1.3 **Justificación** 10

1.4 **Alcance** 11

2 Marco teórico **11**

3 Antecedentes **31**

3.1 **Nacionales** 31

3.2 **Internacionales** 31

4 Metodología **32**

4.1 **Metodología para el estudio** 33

4.2 **Metodología para la visita diagnostico a la planta** 33

5 Diagnostico **35**

5.1 **Tec Laser S.A** 35

5.1.1 ***Misión*** 35

5.1.2 ***Visión*** 35

5.2 **Perfiles del personal** 35

5.3 **Caracterización de equipos** 37

5.3.1 ***Distribución de Equipos*** 37

5.3.2 ***Descripción técnica de los equipos*** 38

5.4 **Capacidad de producción** 42

5.5 **Descripción del proceso de corte llevado en la actualidad** 43

5.5.1 ***Asesoría.*** 44

5.5.2 ***Orden de trabajo*** 46

5.5.3 ***Recepción y almacenamiento de material*** 47

5.5.4 ***Area de validación*** 49

5.5.5 *Programación* . . . 49
5.5.6 *Transformación* . . . 51
5.5.7 *Almacén* . . . 55
5.6 **Análisis documental y su aporte al control de calidad en el proceso de corte** . . . 56
5.6.1 *Procedimiento de producto no conforme PRO-PRO01* . . . 56
5.6.2 *Procedimiento de control documental HSEQ-PRO01* . . . 57
5.6.3 *Procedimiento proceso producción PRO-PRO03* . . . 57
5.6.4 *Formato de reclamación y plan de acción* . . . 58
5.7 **Diagnóstico del proceso de control de calidad en el área de corte** . . . 59
5.7.1 *Diagrama de flujo* . . . 60
5.7.2 *Resumen del diagnóstico actual del proceso de control de calidad* . . . 60
5.7.3 *Acciones actuales de control de calidad en el proceso de corte* . . . 65
5.8 **Aspectos clave identificados** . . . 65

6 Propuesta de estandarización del proceso de control de calidad 67
6.1 **Procesamiento y análisis documental** . . . 67
6.1.1 *Criterios de corte.* . . . 67
6.1.2 *Procesamiento de no conformidades* . . . 71
6.1.3 *Análisis estadístico con los datos procesados.* . . . 72
6.2 **Procesamiento de análisis individual no conformidad sugerida** . . . 85
6.2.1 *Reclamación 0624V2.* . . . 85
6.2.2 *Tipo de no conformidad* . . . 86
6.2.3 *Análisis del Problema* . . . 86
6.2.4 **Técnica de los 5 por que** . . . 86
6.2.5 **Ishikawa en caso 0624V2** . . . 90
6.2.6 **Propuesta de Mejora:** . . . 92
6.3 **Formato de no conformidad en el proceso de corte** . . . 93
6.3.1 *Implementación de un sistema de registro estructurado* . . . 93
6.3.2 *Generación y Actualización de Documentos.* . . . 94
6.3.3 *Documentación y archivo.* . . . 96
6.4 **Diseño de herramientas de estandarización** . . . 96
6.4.1 *Capacitaciones en instrumentos de medición y metrologia.* . . . 96
6.4.2 *Procedimiento de verificación de instrumentos de medición* . . . 98
6.4.3 *Diseño y Documentación de Protocolos de checklist:* . . . 99
6.5 **Definición de parámetros técnicos y gestión digital** . . . 110
6.6 **Integración de datos documentales y prácticas operativas** . . . 113

6.6.1 ***Sinergia entre documentación y ejecución*** . . . 113
6.6.2 ***Revisión periódica y ajuste de procesos*** . . . 113
6.7 **Monitoreo y evaluación constante del proceso** . . . 113
6.7.1 ***Tasa de piezas con reprocesos mensuales*** . . . 113
6.7.2 ***Tiempo promedio de identificación de no conformidades*** . . . 114
6.7.3 ***Cumplimiento de parámetros técnicos:*** . . . 114

7 Ajustes proyectados a la propuesta **115**

8 Conclusiones **118**

Referencias bibliográficas **121**

Índice de figuras

1 *Fotografía del proceso de corte láser.* *Nota.* Fotografía tomada por los autores. . . . 13
2 *Los componentes en el corte por chorro de agua.* *Nota.* Imagen recuperada del repositorio de la Universidad del Bío-Bío (2014), Chile. *Puesta en funcionamiento y diseño de una mesa de corte para un sistema semiautomático de corte, adaptado de* («Corte por chorro de agua», s.f.). . . 15
3 *Abrasivo Excel Cut 120.* *Nota.* Fotografía tomada por los autores. . . . 18
4 *Imagen del corte por CO2 vs corte por fibra* . . . 19
5 *Distribución de máquinas de corte en la planta.* *Nota.* Elaboración propia. . . . 37
6 *Fotografía de la máquina de corte por fibra LEA-DS3015 (Fibra 2).* *Nota.* Fotografía tomada por los autores. . . . 38
7 *Fotografía de la máquina de corte por fibra DNE 1530 (Fibra 1).* *Nota.* Fotografía tomada por los autores. . . . 39
8 *Fotografía de la máquina de corte CO_2 BTL 3500 Bystronic.* *Nota.* Fotografía tomada por los autores. . . . 40
9 *Fotografía de la máquina de corte por CO_2 ByLaser 3000.* *Nota.* Fotografía tomada por los autores. . . . 41
10 *Fotografía de la máquina de corte por agua ByJet.* *Nota.* Fotografía tomada por los autores. 41
11 *Organigrama de la empresa.* *Nota.* Imagen proporcionada por Tec Láser S.A. . . . 43
12 *Formato de cotización de la empresa.* *Nota.* Fotografía tomada por los autores. . . . 45
13 *Formato de diligenciamiento de orden de trabajo.* *Nota.* Fotografía tomada por los autores. 46
14 *Material proporcionado por el cliente.* *Nota.* Fotografía tomada por los autores. . . . 47
15 *Almacenamiento de esqueletos utilizables.* *Nota.* Fotografía tomada por los autores. . . . 48
16 *Almacenamiento de material.* *Nota.* Fotografía tomada por los autores. . . . 49

17 *Cola de sujeción.* *Nota.* Fotografía tomada por los autores. 50
18 *Plano de la pieza correspondiente a una orden de trabajo ejecutada.* *Nota.* Fotografía tomada por los autores. 51
19 *Ingreso de material a la mesa de corte.* *Nota.* Fotografía tomada por los autores. 52
20 *Cabezal en coordenadas de trabajo.* *Nota.* Fotografía tomada por los autores. 52
21 *Puesta a punto de la máquina de corte "Fibra 1".* *Nota.* Fotografía tomada por los autores. 53
22 *Proceso de alistamiento.* *Nota.* Fotografía tomada por los autores. 54
23 *Almacenamiento de productos y embalaje de material.* *Nota.* Fotografía tomada por los autores. 55
24 *Diagrama de entradas y salidas del proceso de control de calidad.* *Nota.* Imagen elaborada por los autores. 59
25 *Diagrama de flujo del proceso de corte en TEC LASER S.A.* *Nota.* Imagen elaborada por los autores. 60
26 *No conformidad por acabado.* *Nota.* Fotografía tomada por los autores. 68
27 *Presencia de rebaba en el canto de corte.* *Nota.* Fotografía tomada por los autores. 69
28 *Producto no conforme por contaminación.* *Nota.* Fotografía tomada por los autores. 70
29 *Pieza no conforme por rebaba.* *Nota.* Fotografía tomada por los autores. 71
30 *Gráfico de Pareto para el análisis de frecuencia de no conformidades.* *Nota.* Imagen elaborada por los autores. 76
31 *Gráfico de Pareto para el análisis por impacto económico.* *Nota.* Imagen elaborada por los autores. 79
32 *Referencia visual de la no conformidad 0624V2.* *Nota.* Imagen proporcionada por Tec Láser. 85
33 *Diagrama de Ishikawa para el caso 0624V2.* *Nota.* Imagen elaborada por los autores. . . . 92
34 *Rótulo recomendado según la documentación técnica.* *Nota.* Imagen proporcionada por la empresa. 94
35 *Referencia del formato de no conformidad.* *Nota.* Este formato no maneja el sistema de código debido a que no existe un área de calidad consolidada. El aprobado va al final del formato, siendo el coordinador del SGC y el responsable del proceso quienes llenan estos espacios. Imagen proporcionada por la empresa. 94
36 *Formato de no conformidad para el área de corte.* *Nota.* Imagen elaborada por los autores. 95
37 *Formato para el registro de verificación.* *Nota.* Imagen elaborada por los autores. 98
38 *Formato para el registro del checklist de entrada de material.* *Nota.* Imagen elaborada por los autores. 101
39 *Formato para registro de checklist de entrada de piezas.* *Nota.* Imagen de elaboración propia. 103
40 *Formato para registro de checklist de pre corte agua.* *Nota.* Imagen de elaboración propia. 106

41 *Formato para registro de checklist de pos corte agua.* *Nota.* Imagen de elaboración propia. 107
42 *Formato para registro de checklist de pre corte láser.* *Nota.* Imagen de elaboración propia. 108
43 *Formato para registro de checklist de pos corte láser.* *Nota.* Imagen de elaboración propia. 109
44 *Formato de Producto No Conforme Actualizado .* *Nota.* Imagen de elaboración propia. . . 116

Índice de cuadros

1 *Características técnicas de las máquinas de corte* 42
2 *Descripción de etapas, responsables, actividades y herramientas.* 64
3 *Procesamiento de no conformidades registradas durante el corte 2023 a 2024* . . . 72
4 *Distribución porcentual acumulada de no conformidades* 74
5 *Distribución porcentual de costos asociados a las no conformidades* 77
6 *Clasificación de no conformidades en el proceso de corte* 81
7 *Implementación del checklist de entrada de material* 100
8 *Introducción del checklist para ingreso de piezas a almacén* 102
9 *Implementación de checklist en el proceso de corte* 105
10 *Introducción para la definición de parámetros técnicos.* 110
11 *Tabla técnica estandarizada por material* 111
12 *Asignación de máquinas según tipo de material y espesor* 112

Introducción

En la industria manufacturera, la calidad de los procesos productivos constituye uno de los pilares clave para mantener la competitividad y garantizar la satisfacción del cliente. La empresa TEC LASER S.A , reconocida por su excelencia en el sector, ha consolidado su reputación mediante la calidad de sus servicios, específicamente en el área de corte. No obstante, en los últimos años, se ha identificado un incremento en las no conformidades que han impactado tanto en la eficiencia operativa como en los costos asociados; este fenómeno evidencia la necesidad de optimizar el control de calidad, con el objetivo de mitigar los efectos adversos en la producción y mejorar la gestión de los recursos disponibles.

El presente proyecto se enfoca en la estandarización del control de calidad dentro del proceso de corte de TEC LASER S.A. con el fin de reducir las no conformidades y elevar la productividad. En una primera fase, se realizará un diagnóstico exhaustivo del proceso actual, el cual permitirá identificar las áreas que influyen en el proceso y los factores que inciden en la calidad del servicio. Posteriormente, con base en los hallazgos obtenidos, se estructurará un plan de control de calidad ajustado a las limitaciones identificadas. La aplicación de las actividades para la estandarización busca mejorar la calidad del proceso de corte, reducir costos asociados a no conformidades y maximizar el tiempo disponible de la maquinaria, lo que se traducirá en una mayor eficiencia global.

Así mismo, se establecerán mecanismos de monitoreo continuo para evaluar los resultados a largo plazo y realizar ajustes iterativos, garantizando la sostenibilidad de los beneficios derivados de la estandarización.

Resumen

Este proyecto aborda la estandarización del control de calidad en el proceso de corte para TEC LASER S.A., empresa reconocida en el sector manufacturero que enfrenta un incremento en no conformidades, impactando su eficiencia operativa y costos. El objetivo central fue diseñar un sistema estandarizado que reduzca defectos, optimice recursos y fortalezca la cultura de calidad, alineado con la Norma ISO 9001:2015. Mediante un diagnóstico exhaustivo, se identificaron falencias críticas en trazabilidad, documentación, parámetros técnicos y prácticas operativas. La metodología incluyó análisis estadístico de no conformidades (Diagrama de Pareto), técnicas de causa raíz (5 porqués, Ishikawa), y diseño de herramientas como protocolos, checklist para ingreso de material, programación, corte y almacén, así como formatos unificados de no conformidad. La propuesta integra la definición de parámetros técnicos por material o espesor, capacitación en metrología, monitoreo mediante KPIs (tasa de reprocesos, tiempo de detección de fallas) y sinergia entre documentación y operación. Los resultados evidencian una estructura sostenible para la mejora continua, con potencial para reducir no conformidades significativamente , elevar la productividad y sentar bases para la certificación ISO 9001.

Palabras clave: Mecánica, Calidad, Estandarización, Protocolos, Corte, ISO Normas, Check List

1. Planteamiento del estudio

1.1. Planteamiento del problema

La empresa TEC LASER S.A., fundada bajo el pilar corporativo de garantizar la calidad en sus procesos, ha consolidado un posicionamiento destacado en el sector gracias a la confianza generada en sus clientes. Sin embargo, durante los últimos dos años, se ha evidenciado un incremento significativo en la presencia de no conformidades, particularmente en el área de corte. Esta problemática puede ser cuantificada mediante los informes de no conformidades, los cuales permiten trazar la recurrencia de estos sucesos.

El análisis de dichos informes revela que las no conformidades no solo elevan los gastos monetarios, sino que también impactan negativamente en la productividad, reduciendo la disponibilidad de maquinaria para nuevos proyectos. Esta situación subraya la urgencia de implementar un sistema estandarizado de control de calidad que mitigue las causas raíz de las no conformidades y optimice la eficiencia operativa. Este planteamiento justifica la necesidad de diseñar un sistema de control de calidad alineado con los objetivos estratégicos de la empresa.

1.2. Objetivos

1.2.1. *Objetivo General*

Estandarizar el control de calidad en el proceso de corte para la empresa TEC LASER S.A

1.2.2. *Objetivos Específicos*

- Diagnosticar el desarrollo actual del proceso de corte, para identificar aspectos para tener en cuenta en la estandarización.
- Estructurar las actividades que conllevan el control de calidad para el proceso de corte.
- Ajustar la estandarización del control de calidad en el proceso de corte.

1.3. Justificación

La actividad productiva de TEC LASER S.A. se fundamenta en la generación de ganancias mediante el procesamiento eficiente de materias primas, un proceso que depende críticamente de tres elementos: la competencia de los operarios, la precisión en la programación de máquinas y la capacidad operativa de los equipos.

Para garantizar la rentabilidad, es imperativo identificar y controlar los factores que afectan económicamente la línea de producción, especialmente aquellos vinculados a no conformidades de calidad.

En los últimos dos años, los costos asociados a no conformidades y devoluciones por incumplimiento de estándares de calidad han experimentado un crecimiento. alcanzando valores significativos que comprometen la sostenibilidad financiera de la empresa. Este incremento en los costos operativos, sumado a la pérdida de eficiencia, demanda una intervención inmediata para evitar impactos irreversibles en la competitividad del negocio.

La estandarización propuesta se alinea con los principios de la Norma ISO 9001:2015, la cual enfatiza la mejora continua basada en datos y la implementación de sistemas de gestión de calidad robustos. Este enfoque no solo busca reducir los reprocesos, sino también sentar las bases para que la empresa obtenga una certificación ISO 9001, reconocida internacionalmente como un estándar de excelencia operativa.

La certificación ISO 9001 no solo facilitará el acceso a mercados internacionales al cumplir con requisitos técnicos globales, sino que también optimizará procesos de contratación con clientes exigentes, quienes priorizan proveedores con sistemas de calidad certificados.

El proyecto refleja la importancia de la creación de una área de calidad interna, encargada de monitorear, auditar y optimizar los procesos de manera permanente, asegurando el cumplimiento de los requisitos técnicos y fortaleciendo la cultura de calidad en la organización.

1.4. Alcance

El alcance de este trabajo se delimita a los procesos operativos y de aseguramiento de la calidad que intervienen directamente en la ejecución de cortes sobre diferentes materiales, haciendo énfasis en la identificación, gestión y control de las no conformidades que puedan surgir en el proceso productivo.

Inicialmente, se realiza un diagnóstico del estado actual del sistema de control de calidad, a través de la recolección de información, observación directa y análisis de documentación interna, con el fin de identificar las deficiencias, oportunidades de mejora y buenas prácticas existentes.

A partir de este diagnóstico, se plantea la implementación de herramientas que permitan sistematizar y fortalecer el aseguramiento de la calidad.

Cabe destacar que la efectividad del sistema propuesto dependerá de la apropiación por parte del personal operativo y administrativo de la empresa, así como de la actualización continua de los registros y del compromiso institucional con la mejora continua. En este sentido, se contempla la capacitación al personal involucrado como parte esencial del alcance, buscando fomentar una cultura de calidad sostenible en el tiempo.

2. Marco teórico

Introducción al marco teórico. El corte láser se originó en 1965 con los experimentos pioneros de Western Electric y Peter Houldcroft (TWI), utilizando láseres de CO_2 para aplicaciones industriales. La tecnología evolucionó hacia sistemas de fibra óptica (comercializados desde 2009), con avances significativos como el láser L1Xe de Salvagnini (2008), que permitió cortar aceros de hasta 18 mm. Actualmente, alcanza espesores de 100 mm en acero inoxidable, ofreciendo precisión y automatización mediante parámetros críticos: potencia (variable según material y espesor), velocidad (optimizada con gases auxiliares) y punto focal (concentración energética para eficiencia térmica). La transición de láseres CO_2 (menos eficientes) a fibra (Figura 4) ha mejorado la densidad

energética y reducido costos operativos (SagaON, 2024).

Paralelamente, el corte por chorro de agua, desarrollado en los años 1960 por Norman Charles Franz, utiliza agua a ultra-alta presión (hasta 600 MPa) y abrasivos (ej: garnet) para erosionar materiales sin alteraciones térmicas. Sus componentes clave (Figura 2) incluyen boquillas de zafiro/diamante y cámaras de mezcla, donde parámetros como presión (200-400 MPa), velocidad de corte y características del abrasivo (tamaño, dureza) determinan la calidad superficial y precisión Natarajan et al., 2020 .

En gestión de calidad, herramientas como el Diagrama de Pareto (Juran, 1988) priorizan problemas mediante el principio 80/20; el Diagrama de Ishikawa analiza causas raíz mediante categorías estructuradas; y la técnica de los cinco porqués (Toyota Production System) profundiza en orígenes de fallas. Estas metodologías se complementan con protocolos estandarizados diseñados mediante revisiones sistemáticas, consenso Delphi y pilotaje (Okoli & Pawlowski, 2004), asegurando replicabilidad y mejora continua. La estandarización de procesos, fundamentada en capacitación y control de variables críticas, optimiza la eficiencia y reduce no conformidades (Gamarra, 2020).

Este marco integra tecnologías de corte, herramientas de calidad y métodos de estandarización para analizar sistemas industriales, proporcionando bases teóricas para optimizar precisión, productividad y sostenibilidad.

Corte láser. El corte por láser se originó en 1965 con Western Electric, que utilizó un láser para perforar troqueles de diamante. Ese mismo año, Peter Houldcroft en TWI, Cambridge, realizó experimentos de corte asistido por gas utilizando un láser de CO2 de 300 W, inicialmente pensado para aplicaciones militares, pero con potencial industrial. Estos experimentos lograron cortar acero para herramientas y acero inoxidable de hasta 2,5 mm a velocidades de hasta 1 m/min. La tecnología de corte por fibra óptica surgió más recientemente, con las primeras máquinas comerciales apareciendo en 2009.

Salvagnini, una empresa italiana, destacó en este ámbito con la introducción del láser de fibra

L1Xe en 2008, capaz de cortar acero de hasta 18 mm. Desde entonces, la tecnología ha avanzado, permitiendo cortar acero inoxidable de hasta 100 mm y facilitando el acceso al corte por láser para pequeñas empresas y uso doméstico.

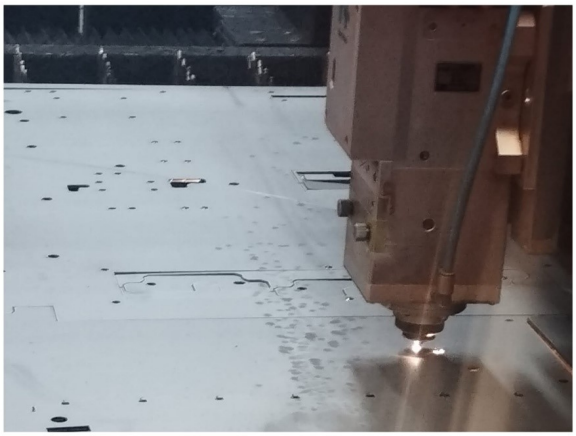


Figura 1. *Fotografía del proceso de corte láser.*
Nota. Fotografía tomada por los autores.

En la Figura 1 se observa el proceso activo de corte mediante tecnología láser de fibra, específicamente en el equipo identificado como “Fibra 1”. La imagen muestra una lámina de acero inoxidable dispuesta sobre la mesa de trabajo, en la cual se distinguen claramente las geometrías de las piezas ya inscritas y parcialmente seccionadas. Asimismo, en la Figura 1 se aprecia el cabezal de corte operando en tiempo real, emitiendo el haz láser focalizado que permite la separación precisa del material. Esta captura evidencia el nivel de automatización y precisión del proceso, así como la distribución eficiente de las piezas sobre la lámina para maximizar el aprovechamiento del material.

El corte por láser utiliza una fuente de alta potencia que emite un rayo dirigido hacia el material a través de un lente. El rayo debe enfocarse en un punto mínimo para maximizar la temperatura y superar el punto de ignición o fusión del material. Originalmente, los láseres de CO2, que utilizan un tubo de gas excitado por corriente eléctrica, eran comunes. Estos sistemas, aunque eficientes, presentan pérdidas de energía debido a la trayectoria del rayo a través de espejos y su alta sensibilidad a la alineación de estos.

Las máquinas modernas de corte de metal con láser de CO_2 pueden alcanzar potencias superiores a 2,000 W, aunque su alto consumo de energía y costos operativos las hacen menos comunes hoy en día. La tecnología de fibra óptica, más eficiente, ha prevalecido, utilizando un generador de estado sólido para producir y transportar el rayo láser a través de una línea de fibra óptica hasta el lente final.

- **Principales parámetros corte láser**

  En el proceso de corte por láser, diversos parámetros influyen de manera directa en la eficiencia, velocidad y calidad del resultado final. Entre los más importantes se encuentran la potencia del láser, la velocidad de corte y el punto focal del rayo. Estos elementos trabajan en conjunto para determinar la capacidad del sistema de atravesar diferentes materiales con precisión. Una potencia adecuada asegura la penetración en materiales de mayor grosor, mientras que una velocidad bien calibrada y un enfoque preciso del rayo permiten cortes limpios y definidos. La correcta regulación de estos parámetros es esencial para lograr un rendimiento óptimo en aplicaciones industriales.

  1. **Potencia.** Al cortar materiales de mayor grosor con láser, la necesidad de una potencia elevada es fundamental para asegurar la calidad del corte. Por ejemplo, según información de Trotec Laser, n.d. la cantidad de energía requerida varía significativamente entre materiales, siendo de alrededor de 10 W/mm para acrílico y aumentando considerablemente para policarbonato, donde se necesitan entre 200 y 400 W para espesores de 2 a 3 mm.

  2. **Velocidad.** La velocidad de corte en el corte por láser de CO_2 depende de varios factores, incluidos la potencia de corte, las propiedades del material, el ancho de la incisión y el gas auxiliar. Gases como el nitrógeno o el oxígeno pueden mejorar el proceso al expulsar el material fundido y controlar la ranura de corte. El oxígeno, por ejemplo, reacciona exotérmicamente con muchos materiales, acelerando el corte.

  3. **Punto Focal.** El patrón y el enfoque del rayo láser influyen en la velocidad de corte.

Haces de alta calidad con puntos focales más pequeños concentran más energía en un área reducida, permitiendo una eliminación más eficiente del material y, por ende, cortes más rápidos. El enfoque óptimo del rayo es esencial para maximizar la velocidad de corte.

Corte por chorro de agua. El corte por chorro de agua a presión se originó en la década de 1960 como una tecnología para la limpieza industrial, operando inicialmente con presiones de hasta 10 MPa. Un hito clave en su desarrollo ocurrió a finales de esa década, cuando el profesor Norman Charles Franz de la Universidad de British Columbia (Canadá) diseñó un sistema hidráulico que alcanzó 700 bar de presión (equivalente a 70 MPa), permitiendo cortar materiales blandos como papel y madera sin generar deformaciones térmicas (KMT Waterjet Systems, s.f.).

Este avance sentó las bases para su adopción en aplicaciones industriales más complejas, destacándose por su capacidad de preservar las propiedades mecánicas de los materiales durante el proceso de corte.

Los principales componentes del cabezal se encuentran señalados en la Figura 2.

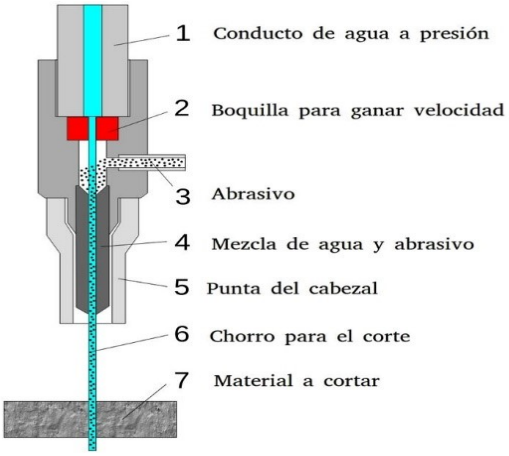


Figura 2. *Los componentes en el corte por chorro de agua.*
Nota. Imagen recuperada del repositorio de la Universidad del Bío-Bío (2014), Chile. *Puesta en funcionamiento y diseño de una mesa de corte para un sistema semiautomático de corte, adaptado de* («Corte por chorro de agua», s.f.).

La Figura 2 muestra un esquema de los componentes fundamentales del proceso de corte por

chorro de agua. En este sistema, el agua a alta presión se introduce a través de un conducto (1) y pasa por una boquilla (2) diseñada para incrementar su velocidad. Posteriormente, se añade el abrasivo (3), el cual se mezcla con el agua en la cámara de mezcla (4). Esta mezcla es dirigida hacia la punta del cabezal (5), donde se forma el chorro de corte (6) que impacta sobre el material (7), permitiendo su seccionamiento con precisión. Este proceso combina la fuerza del agua a presión con la capacidad abrasiva del material añadido, siendo eficaz para cortar una amplia variedad de materiales sin generar calor significativo.

El mecanizado por chorro de agua abrasivo (AWJ) es un proceso de erosión, en este proceso, partículas abrasivas impulsadas por agua a alta presión cortan el material. En la boquilla, la alta presión del agua se convierte en velocidad, acelerando las partículas abrasivas e incrementando su energía cinética para erosionar el material. Este proceso requiere que la cámara de mezcla y la boquilla estén hechas de materiales muy duros, como zafiro o diamante, para minimizar la corrosión y los residuos (Natarajan et al., 2020).

Además, el proceso AWJ no genera calor en la zona de corte, preservando así las propiedades mecánicas del material al prevenir cambios en su estructura interna (Natarajan et al., 2020).Se destaca también que AWJ es capaz de cortar piezas muy pequeñas, incluso del orden de micras, y con tal precisión que se está utilizando en la fabricación de chips electrónicos. Finalmente, existen dos tecnologías principales de corte AWJ, diferenciadas por el punto de mezcla del agua y el abrasivo, siendo el 'chorro de inyección de agua abrasiva' uno de ellos (Natarajan et al., 2020).

El corte por chorro de agua utiliza presiones extremadamente altas, generalmente entre 200 y 400 MPa, para cortar eficientemente diversos materiales Liu et al., 2022. En aplicaciones industriales avanzadas, estas presiones pueden superar incluso los 600 MPa, permitiendo el corte de metales duros, cerámicos y compuestos sin generar daño térmico en el material.

- **Principales parámetros corte por chorro de agua**

  El proceso de corte por chorro de agua involucra una serie de parámetros operativos que influyen directamente en la calidad, precisión y eficiencia del corte. Entre los más relevan-

tes se encuentran la presión del agua, la velocidad de corte y las características del abrasivo utilizado. Estos factores no solo determinan la capacidad del sistema para penetrar distintos materiales, sino que también afectan la rugosidad superficial, la geometría del corte y el desgaste de los componentes. Comprender la interacción entre estos parámetros es fundamental para optimizar el proceso y garantizar resultados consistentes en entornos industriales donde la exactitud es esencial.

1. **Presión de agua.** La presión del agua es crucial para el proceso de corte, ya que la energía cinética del chorro depende directamente de esta. Una presión adecuada mejora la rugosidad y el cono de corte, mientras que una presión insuficiente no logrará erosionar el material, impidiendo el corte. Por otro lado, una presión excesiva puede causar daños al material, como grietas o fracturas.

   Aumentar la presión disminuye la rugosidad superficial y mejora la calidad del corte al acelerar las partículas abrasivas, permitiendo un acabado más fino. Asimismo, reducir la distancia entre la boquilla y la pieza mejora la calidad del corte.

2. **Velocidad de Corte.** La velocidad de corte transversal, generalmente medida en mm/min, determina la calidad de las superficies generadas.

   Una velocidad baja permite mayor exposición del material a las partículas abrasivas, mejorando la calidad de la superficie. Sin embargo, aumentar la velocidad transversal reduce el tiempo de contacto, disminuyendo la rugosidad superficial en la zona de corte.

3. **Abrasivos.** La elección del abrasivo es fundamental y depende de las características del material a cortar. El tamaño de las partículas abrasivas se mide en #mesh (número de partículas por centímetro cubico), donde un mayor número indica partículas más finas. Las partículas pueden ser naturales o artificiales, variando en forma, dureza y tamaño. Las partículas grandes tienen más probabilidades de desintegrarse al impactar, quedando incrustadas en la pieza.

El tamaño de las partículas también influye en la profundidad de corte y la cantidad de material eliminado, con partículas más grandes reduciendo la frecuencia de impactos y aumentando la eficiencia del corte (Flores, 2022).



Figura 3. *Abrasivo Excel Cut 120.*
Nota. Fotografía tomada por los autores.

La Figura 3 presenta uno de los abrasivos que son utilizados en el proceso por la empresa, es importante destacar que un adecuado almacenamiento garantiza las condiciones adecuadas de la materia prima para llevar acabo los procesos de corte.

El corte por chorro de agua ha evolucionado significativamente desde su invención, consolidándose como una tecnología versátil y eficaz en diversas aplicaciones industriales. Su capacidad para cortar sin alterar las propiedades del material lo hace especialmente valioso en contextos donde la precisión y la integridad del material son cruciales.

Actualidad de la tecnología de corte. La tecnología relacionada al proceso de corte siempre se encuentra en búsqueda de la reinvención, buscar métodos con mejores acabados, mejores propiedades en el producto final, que empleen menor tiempo durante el proceso, que utilicen el menor número de elementos humanos, todas estas variantes de posibles mejoras conllevan a la optimización de las máquinas de corte.

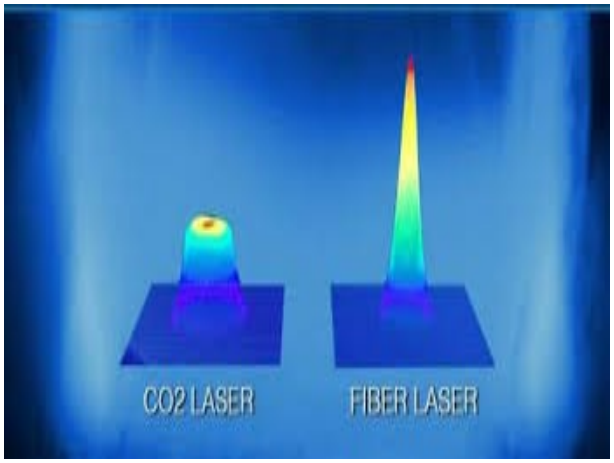


Figura 4. *Imagen del corte por CO2 vs corte por fibra .*

Nota. Imagen tomada de SagaON,2025, *SAGAON tecnologia para tu hogar*. Recuperado de :https://www.sagaon.tech/blogs/academia/fibra-vs-co2

Se puede evidenciar en la Figura 4 una representación gráfica comparativa de los perfiles de densidad de potencia generados por un láser de dióxido de carbono (CO_2) frente a un láser de fibra. En la imagen, se observa que el perfil del láser CO_2 es más ancho y menos concentrado, lo que se traduce en una distribución de energía más dispersa sobre la superficie del material es. En contraste, el perfil del láser de fibra presenta un pico más agudo y estrecho, indicando una mayor concentración de energía en un punto focal reducido SAGAON TECH, 2024. Esta diferencia en la distribución energética explica por qué el láser de fibra suele ofrecer cortes más precisos, eficientes y con menor afectación térmica al material, en comparación con el láser CO_2.

Teniendo un estimado de 10 años de vida útil para las máquinas de corte láser por CO_2 , este valor dependerá claramente del mantenimiento e intensidad del uso, además de las actualizaciones tecnológicas que se suman con el pasar de los años lo que hace una gran brecha entre modelos que se lleven décadas en su diseño y ensamble.

Diagrama de flujo. El diagrama de flujo consiste en una representación gráfica que lleva una línea secuencial de un proceso en el cual se indican todas las actividades y tareas que se necesitan para cumplir un objetivo final. En este gráfico se pueden mostrar los procesos y/o los actores que lo conforman en orden operacional, dejando claro cómo es el proceso de trabajo de manera sencilla.

Diagrama de Pareto. El Diagrama de Pareto, popularizado por Joseph Juran en gestión de calidad, aplica el principio 80/20: 80 % de los efectos provienen del 20 % de las causas. Permite priorizar problemas críticos que afectan procesos y satisfacción del cliente mediante datos cuantitativos. Su construcción representa categorías de causas en el eje horizontal (ordenadas de mayor a menor impacto) y frecuencias costos en el vertical, distinguiendo las ”pocas vitales”(alta incidencia) de las ”muchas triviales”Juran, 1988.

Es esencial en mejora continua al optimizar recursos en áreas de mayor impacto, reducir costos e integrarse con análisis de causa raíz y ciclo PDCA para decisiones basadas en datos. Según Juran, 1988, su aplicación sistemática mejora significativamente la calidad al corregir problemas con efecto sustancial en el rendimiento organizacional. En síntesis, visualiza distribuciones de problemas y es pilar para estrategias de optimización de procesos.

Diagrama de Ishikawa. El Diagrama de Ishikawa (o diagrama de espina de pescado/causa-efecto), desarrollado por Kaoru Ishikawa, es una herramienta gráfica fundamental en gestión de la calidad para analizar causas raíz de problemas. Permite a equipos multidisciplinarios explorar sistemáticamente fuentes de variación que afectan procesos o productos en iniciativas de mejora continua.

Su estructura asemeja una espina de pescado: el problema principal ëfecto”se ubica en la cabeza, mientras las ëspinasrepresentan categorías de causas (como mano de obra, métodos, materiales, maquinaria, mediciones y medio ambiente, adaptables según el problema). Esta visualización facilita identificar relaciones entre factores y enfocar esfuerzos en áreas críticas.

La técnica promueve participación colaborativa del equipo para detectar causas no evidentes, respalda decisiones basadas en datos y orienta acciones correctivas efectivas, reduciendo defectos

y fortaleciendo procesos organizacionales. En síntesis, constituye un marco visual esencial para análisis de causa raíz e implementación de mejoras continuas.

Técnica de los cinco porqués. La técnica de los cinco porqués, originada en el Toyota Production System, es una herramienta fundamental para el análisis de causa raíz en gestión de calidad y mejora continua. Consiste en preguntar ”¿por qué?”sucesivamente (típicamente cinco veces) para identificar el origen subyacente de un problema, evitando soluciones superficiales que aborden solo los síntomas. Destaca por su simplicidad y efectividad, al no requerir herramientas estadísticas complejas y ser aplicable en diversos contextos (manufactura, servicios). Su enfoque colaborativo fomenta la participación del equipo y el aprendizaje organizacional. Permite a equipos multidisciplinarios identificar ágilmente factores críticos que afectan calidad y eficiencia, facilitando la implementación de medidas correctivas que resuelven el problema inmediato y fortalecen la prevención. En síntesis, es una herramienta poderosa para desentrañar causas profundas, facilitar decisiones informadas y optimizar procesos hacia la excelencia operativa.

Diseño de protocolos. El diseño de protocolos constituye una fase esencial para asegurar la rigurosidad, replicabilidad y validez de los procedimientos en contextos investigativos y aplicados. Diversos métodos han sido desarrollados para estructurar protocolos de manera sistemática, combinando enfoques basados en la evidencia, la consulta a expertos y la validación empírica.

Uno de los métodos fundamentales es la revisión sistemática de la literatura, que permite identificar las mejores prácticas y evidencias previas relevantes para el tema en estudio. A partir de esta revisión, se elabora un borrador del protocolo que posteriormente se somete a un proceso de validación mediante técnicas de consenso, como el método Delphi. Este método facilita la integración de las opiniones de expertos, garantizando que el protocolo responda de manera adecuada a las necesidades específicas del contexto (Okoli y Pawlowski, 2004).

Otro enfoque relevante es el diseño participativo, en el cual se involucra activamente a los distintos actores y partes interesadas en el proceso. Esta metodología fomenta el intercambio de conocimientos y experiencias, lo que resulta en un protocolo más robusto y adaptado a la realidad operativa de

la organización o el ámbito de aplicación. Además, la utilización de herramientas visuales, como diagramas de flujo y mapeo de procesos, permite identificar puntos críticos y definir de manera secuencial cada etapa del protocolo (Davis, 2005) .

Complementariamente, el diseño basado en la evidencia integra análisis cualitativos y cuantitativos para determinar las variables críticas que deben ser controladas. Este enfoque asegura que cada paso del protocolo esté fundamentado en datos empíricos, facilitando la implementación de medidas correctivas y la mejora continua del proceso (Creswell, 2014) .

Finalmente, la fase de pilotaje y evaluación es indispensable para ajustar el protocolo antes de su implementación a gran escala. A través de pruebas en entornos controlados y la recolección sistemática de datos, se pueden identificar áreas de mejora, lo que permite refinar el protocolo y garantizar su eficacia y eficiencia en la práctica (Yin, 2014).

En síntesis, la elaboración de protocolos se beneficia de un enfoque metodológico multidisciplinario que combine la revisión exhaustiva de la literatura, la participación de expertos y la validación empírica. Este proceso asegura que los protocolos diseñados sean pertinentes, efectivos y adaptados a las particularidades del contexto en el que serán aplicados.

- **métodos de diseño de protocolos.**

  El diseño de protocolos es fundamental para garantizar la rigurosidad, replicabilidad y validez de los procedimientos en contextos investigativos y operativos. Para estructurar protocolos de manera sistemática se combinan varios métodos:

  1. **Revisión sistemática de la literatura:** Permite identificar las mejores prácticas y evidencias previas, fundamentando el protocolo en la experiencia acumulada.

  2. **Delphi:** A través de un proceso de consenso entre expertos, se valida el borrador del protocolo, asegurando que este se ajuste a las necesidades específicas del contexto.

  3. **Diseño participativo y basado en la evidencia:** Involucra a distintos actores y utiliza

herramientas visuales (diagramas de flujo, mapeo de procesos) para definir secuencialmente cada etapa, integrando análisis cualitativos y cuantitativos.

4. **Pilotaje y evaluación:**

   La fase de prueba en entornos controlados permite ajustar el protocolo antes de su implementación a gran escala, garantizando eficacia y eficiencia en su aplicación.

Estandarización. La estandarización referente a procesos consiste en establecer métodos y procedimientos consensuados dentro de una organización para optimizar la ejecución de tareas, garantizando el cumplimiento de objetivos de producción y calidad. Según Gamarra (2020), ”la estandarización del trabajo pasa por consensuar la forma de hacer las cosas, que es la mejor forma que puede imaginar el personal relevante”, lo que implica una mejora continua impulsada por regulaciones y nuevos procesos.

Su implementación es crucial para reducir la variabilidad en la ejecución de tareas, facilitar la identificación de causas raíz ante problemas de calidad y aumentar la productividad. En sectores como la industria textil, la ingeniería de métodos ha demostrado que la estandarización favorece la eficiencia operativa. Por ello, se recomienda desarrollar programas de capacitación adaptados a cada nivel de la organización, asegurando que los empleados comprendan los procesos y se minimice la rotación de personal debido a una formación deficiente.

En síntesis, la estandarización de procesos no solo fortalece la calidad y la productividad, sino que también permite una mejor trazabilidad, alineando a la organización hacia la mejora continua y la optimización de sus recursos.

- **Beneficios de estandarizar.**

  Aumenta el nivel de percepción que tiene el cliente sobre la organización llevando a una fidelización del cliente, esto resulta en una buena imagen para el mercado, que conllevara a publicidad por el boca a boca con la experiencia ya obtenida se creara un nicho fuerte donde moverse con mayor seguridad.

Permite optimizar los procesos de una mejor manera ya que se está buscando la obtención de el mismo resultado siempre de manera repetitiva lo que ayudara a detectar errores o formas de mejorar el proceso manteniendo los estándares básicos del resultado, esto también a largo plazo mitigara gran parte de los errores evidenciados en la intervención.

Con la mitigación de errores se reduce el costo de las no conformidades o acciones correctivas que involucren un tiempo significativo dentro de la operatividad regular del proceso, aumentando la eficiencia y reduciendo frustraciones de los actores involucrados.

- **Herramientas para estandarizar un proceso:**

  El proceso de estandarización implica un gasto ya sea en recursos humano o en papelería y demás costos pero que, contrarrestados con el costo de los errores, es mejor utilizar un proceso de estandarización, este permite un a trazabilidad de información, y con el tiempo se tiende a fortalecer el proceso con las actividades positivas que proponen.

  1. **Capacitaciones.** Para llevar a cabo el proceso de estandarización es necesario capacitar al personal en las áreas que tiene falencias y esto se debe hacer cada cierto intervalo teniendo en cuenta el personal nuevo, el antiguo y el tipo de perfil con el que se encuentra, ya que puede variar la serie de capacitaciones, si son iniciales, periódicas, o por proyectos especiales y siempre van de la mano con personal apto en su dirección.

  2. **Calidad del proceso.** La cultura calidad se empieza a ver desde la estandarización debido a que busca obtener el mismo resultado en sus procesos, se tiene parámetros para medirlos y contener la calidad del proceso estimada y por ende controlada.

     Con las actividades de estandarización dentro de la organización también se busca fomentar la cultura de calidad de los colaboradores ya que así mismo se verán atributos dentro de cada colaborador a nivel personal que también busca la mejora personal con el intercambio de conocimiento continuo y voz en las sugerencias de los mismos procesos visto desde su posición en particular.

3. **Gestión de tiempo.** Este método implica un nivel más de seguridad por la necesidad de la capacidad de tomar decisiones para asignar un tiempo determinado a las funciones a realizar y, además para tener una proyección del tiempo con un cronograma de actividades. Se fomenta la cultura del cumplimiento de las metas, aspecto que da más seguridad a los colaboradores y mejora las relaciones comerciales.

   En cierta etapa se podría llegar a mostrar actividades que son innecesarias y resulta más práctico retirarlas del diagrama de flujo de trabajo o en su defecto actividades que hagan falta adicionar y que puedan ser aspectos importantes dentro del proceso de estandarización.

- **Procedimiento de estandarización.**

  Cada caso de estandarización depende de factores muy asociados a las actividades que realice la organización, pero, se puede tener un esquema general con las recomendaciones para llevar a cabo un proceso de estandarización según (Gamarra, 2020).

  1. **Revisar las prácticas actuales.**
  2. **Analizar las prácticas actuales.**
  3. **Preparar el borrador del procedimiento.**
  4. **Distribuir el borrador para comentarios.**
  5. **Ver comentarios.**
  6. **Ver y enviar el programa de aceptación.**
  7. **Obtener aprobación.**
  8. **Entregar para su uso.**
  9. **Poner en práctica.**
  10. **Seguimiento e inspección.**

El registro del seguimiento se debe llevar en un formato para garantizar una mayor efectividad de registro y procesamiento de información que designe a quien va dirigido y la información pertinente para que la organización trabaje de forma unificada con estos datos, fomentando el control en distintas áreas de la organización.

Marco conceptual

Introducción al marco conceptual. El control de calidad tiene sus fundamentos en los trabajos pioneros de Walter A. Shewhart (gráficos estadísticos) y W. Edwards Deming (ciclo PDSA), evolucionando hacia modelos integrales como el Total Quality Management (TQM) y Six Sigma. Estos enfoques, articulados mediante teorías clave como la trilogía de Juran (1988), el principio de çero defectos"de Crosby (1979) y las herramientas de análisis causal de Ishikawa (1982), se sustentan en normativas internacionales ISO 9001:2015 para su implementación efectiva.

La aplicación de estos modelos —que incluyen además Lean Manufacturing Womack y Jones, 2003 y el marco EFQM, 2013 requiere la gestión sistemática de variables críticas: parámetros determinantes en procesos productivos cuya variación compromete la calidad. Esta gestión se formaliza mediante estándares técnicos como la ISO 9013:2017, que regula especificaciones en operaciones de transformación (cortes térmicos, precisión dimensional).

En conjunto, este marco teórico integra contribuciones históricas, modelos de gestión contemporáneos y normativas de cumplimiento, proporcionando una base sólida para analizar sistemas de calidad en entornos industriales y su impacto en la eficiencia operativa.

Control de calidad. El control de calidad se origina en 1924 con Walter A. Shewhart, quien desarrolló gráficos estadísticos en Bell Telephone (1933) para identificar causas asignables/no asignables de problemas, reduciendo variabilidad en procesos. Durante los años 40, surgieron normas de inspección como las Military Standard (EE.UU.) y Z1, impulsadas por necesidades bélicas (ej: equipos militares).

Edwards Deming trasladó estos principios a Japón, donde su adopción masiva llevó al Premio

Deming (1951) y elevó estándares de calidad, influyendo en la creación de ISO. Entre los 60-70, figuras como Joseph Juran y Phillip Crosby (con su programa çero defectos") desarrollaron la gestión de calidad total, que se volvió estratégica durante la crisis petrolera de 1975 ante competencia asiática.

Hacia los 90, normas como ISO 9000 posicionaron competitivamente a las economías, haciendo de la certificación un requisito global para demostrar cumplimiento de estándares internacionales. Los principales tipos de control de calidad incluyen:

- **Calidad de Proyecto.** Se enfoca en la precisión de las especificaciones durante el diseño del producto. Un componente con tolerancias más estrictas se considera de mayor calidad que uno con tolerancias más amplias.
- **Calidad de Concordancia.** Mide qué tan bien un producto fabricado se ajusta a las especificaciones originales del proyecto.
- **Calidad de Funcionamiento.** Evalúa la capacidad de un sistema para operar de manera continua y proporcionar información sobre la calidad del producto, asegurando su correcto funcionamiento.

Estos controles aseguran que todas las etapas del proceso de fabricación, desde el diseño hasta la producción, se realicen de acuerdo con los estándares necesarios para satisfacer al consumidor final.

Teorías de la calidad industrial. A lo largo de las últimas décadas se han desarrollado múltiples enfoques teóricos que han transformado la manera en que las organizaciones gestionan la calidad en sus procesos productivos. Las teorías de calidad industrial han evolucionado desde enfoques centrados en el control de defectos hasta modelos integrales de mejora continua, en los que la participación de todos los niveles de la organización es esencial para alcanzar la excelencia.

W. Edwards Deming promovió una variante del ciclo PDCA llamado PDSA (Planificar, Hacer,

Estudiar, Actuar), basado en las ideas de Walter Shewhart, para impulsar la mejora continua en la gestión de calidad (Deming, 1986). Este enfoque ha sido fundamental para impulsar una cultura orientada a la calidad, donde cada proceso es evaluado y optimizado de manera sistemática.

Complementariamente, Joseph Juran introdujo la denominada ”trilogía de Juran”, la cual enfatiza la planificación, el control y la mejora de la calidad. Según esta perspectiva, la calidad no es un accidente, sino el resultado de una gestión sistemática que abarca desde la definición de objetivos hasta la implementación de estrategias de mejora (Juran, 1988) .

Philip Crosby popularizó el concepto de 'cero defectos', originalmente desarrollado en la industria aeroespacial, y enfatizó que la prevención es la estrategia más rentable en la gestión de la calidad. Según Crosby, invertir en evitar errores reduce los costos asociados a la no calidad, como retrabajos o pérdida de clientes (Crosby, 1979). Asimismo, Kaoru Ishikawa introdujo herramientas como el diagrama de causa y efecto, facilitando la identificación y análisis de las fuentes de variabilidad en los procesos productivos (Ishikawa, 1982).

Estos fundamentos teóricos han dado origen a modelos de gestión de calidad más amplios, tales como el Total Quality Management (TQM) y los sistemas de gestión basados en la norma ISO 9001. El TQM, por ejemplo, se centra en la participación activa de todos los miembros de la organización y en la búsqueda incesante de la mejora continua, integrando los principios propuestos por Deming y Juran (Oakland, 2014). De igual manera, la implementación de la norma ISO 9001:2015 ha contribuido a la estandarización de procesos, facilitando la adopción de prácticas que aseguran la consistencia y calidad de productos y servicios (International Organization for Standardization, 2015).

Modelos de gestión de calidad. A lo largo de las últimas décadas, las organizaciones han adoptado diversos modelos de gestión de calidad para optimizar sus procesos, reducir la variabilidad y aumentar la satisfacción del cliente. Estos modelos se fundamentan en principios teóricos que promueven la mejora continua, la eficiencia operativa y la participación integral de todos los niveles de la organización.

Uno de los modelos más reconocidos es el Total Quality Management (TQM), el cual se inspira en las ideas de Deming y Juran y enfatiza que la calidad es responsabilidad de toda la organización. El TQM impulsa la creación de una cultura orientada a la mejora continua, en la que cada proceso es evaluado de manera sistemática para identificar oportunidades de optimización y, de esta forma, aumentar la competitividad (Oakland, 2014).

Otro modelo ampliamente implementado es el Six Sigma, que se centra en la reducción de la variabilidad y la eliminación de defectos mediante metodologías estadísticas rigurosas. Este enfoque, basado en la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), permite identificar y corregir las fuentes de variación en los procesos, logrando así una mayor eficiencia y una notable mejora en la calidad del producto o servicio (Pyzdek y Keller, 2014).

En paralelo, el modelo Lean Manufacturing se orienta a la eliminación de desperdicios en los procesos productivos, buscando optimizar el flujo de valor y maximizar la eficiencia operacional. Al focalizarse en la reducción de actividades que no agregan valor, Lean permite a las organizaciones responder de manera ágil a las demandas del mercado, reduciendo costos y mejorando los tiempos de entrega (Womack y Jones, 2003)

Por otro lado, el Modelo EFQM (European Foundation for Quality Management) ofrece un marco integral para evaluar y mejorar el desempeño organizacional. Este modelo abarca dimensiones clave como el liderazgo, la estrategia, la gestión de personas y la orientación a los resultados, facilitando una visión holística de la excelencia empresarial y sirviendo como herramienta para identificar áreas de mejora y potenciar la innovación (EFQM, 2013).

En síntesis, la implementación de estos modelos de gestión de calidad –TQM, Six Sigma, Lean y EFQM– permite a las organizaciones no solo cumplir con estándares internacionales, sino también fomentar una cultura organizacional orientada a la eficiencia, la innovación y la excelencia en el servicio. Estos enfoques se han consolidado como pilares fundamentales para competir en un entorno global cada vez más exigente y dinámico.

Variables críticas. Las variables críticas son aquellos parámetros o factores que tienen un impacto determinante en la calidad del proceso o del producto final. La identificación y el control de estas variables son esenciales para mantener la conformidad y el desempeño esperado, ya que pequeñas desviaciones pueden desencadenar problemas significativos. Su monitoreo continuo permite establecer límites de tolerancia y aplicar estrategias de mejora continua.

Normativas aplicables al proceso de transformación. Las normas internacionales son fundamentales para garantizar y mejorar la calidad y seguridad en los procesos industriales. En este sentido, la ISO 9001:2015 proporciona un marco robusto para el diseño e implementación de sistemas de gestión de calidad orientados a la satisfacción del cliente y a la mejora continua. Este estándar enfatiza un enfoque basado en procesos y en la toma de decisiones fundamentada en el análisis de datos, lo que permite a las organizaciones optimizar su eficiencia y eficacia (International Organization for Standardization, 2015).

Por otro lado, la ISO 9013:2017 se especializa en la clasificación de los cortes térmicos, estableciendo criterios objetivos para evaluar la calidad de los cortes realizados mediante procesos como el corte por láser, plasma u oxicorte. Entre sus parámetros, se destacan la precisión del corte, el acabado de los bordes y la integridad de las superficies, lo cual facilita la comparación entre distintas técnicas y la identificación de áreas de mejora en el proceso (International Organization for Standardization, 1994).

La implementación conjunta de estas normas permite a las organizaciones adoptar un enfoque integral en la gestión de la calidad, abarcando tanto los aspectos operativos como de mejora continua, como la seguridad en los procesos. La estandarización basada en la ISO 9001, la evaluación técnica de la ISO 9013 contribuyen a la consolidación de procesos productivos más eficientes y seguros, facilitando la comparación de resultados y la aplicación de medidas correctivas.

3. Antecedentes

3.1. Nacionales

En el ámbito nacional se han desarrollado diversas investigaciones y proyectos orientados a mejorar el control de calidad en procesos de corte, adaptándose a las necesidades específicas del mercado y a las limitaciones de infraestructura y tecnología. Por ejemplo, en algunas instituciones nacionales se ha implementado un esquema de trabajo basado en tecnologías de corte por CO_2, que ha destacado por su relación costo-beneficio y por la capacidad de generar acabados adecuados para aplicaciones con requerimientos básicos (Robles y Rojas, 2008) .

Además, se han realizado estudios enfocados en la implementación de sistemas de gestión de calidad en áreas productivas, como el desarrollo de instructivos y protocolos para el control de calidad en procesos metalmecánicos, que han permitido reducir no conformidades y optimizar la eficiencia operativa. Ejemplos de ello son los trabajos que analizan la trazabilidad y el control de calidad en prefabricados y en la fabricación de estructuras metálicas, los cuales han servido de base para la sistematización de procesos y la adopción de normas internacionales (Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2018)

Estos antecedentes nacionales evidencian que, a pesar de las limitaciones tecnológicas y de infraestructura, el sector productivo local ha logrado incorporar métodos y herramientas de control de calidad que han contribuido a mejorar la competitividad y la sostenibilidad operativa de las empresas.

3.2. Internacionales

A nivel internacional, la investigación en control de calidad y optimización de procesos de corte ha experimentado un notable desarrollo, impulsado por estudios académicos y aplicaciones industriales de vanguardia. Flores, 2022, por ejemplo, realizó una caracterización y optimización de parámetros en máquinas de corte por chorro de agua con abrasivo en la Universidad de Sevilla,

evidenciando el potencial de esta tecnología para lograr cortes precisos sin afectar las propiedades mecánicas de los materiales.

En el campo del corte por láser, investigaciones como las de Díaz et al., 2018 han evaluado la eficacia de este proceso en materiales compuestos, mientras González Álvarez, 2018 se centró en la optimización de parámetros para mejorar los resultados en el corte por láser, aportando metodologías que permiten ajustar variables críticas y alcanzar altos niveles de precisión. Asimismo, Jakobsson, 2022 ha desarrollado estrategias para el mecanizado asistido por ultrasonidos en aleaciones de titanio, ampliando el espectro de técnicas disponibles y fortaleciendo la base teórica para la mejora continua en la industria.

Complementariamente, las contribuciones teóricas de referentes internacionales como Deming, 1986, Juran, 1988 y Crosby, 1979 han sentado las bases para modelos de gestión de calidad modernos, que se reflejan en la adopción de normas y estándares internacionales (por ejemplo, ISO 9001:2015 e ISO 9013:2017). Estas normas y modelos han permitido a las organizaciones adoptar un enfoque integral que combina la eficiencia operativa con la seguridad y la mejora continua, sentando las bases para una competitividad global en entornos industriales complejos (EFQM, 2013).

4. Metodología

La metodología propuesta inicia con un diagnóstico integral del proceso actual de corte, verificando los puntos de control de calidad existentes. A continuación, se implementa una gestión documental estructurada que incluye: actividades de control en cada etapa del proceso (preparación, operación y posprocesamiento), estandarización de fuentes de datos mediante formatos unificados y repositorios centralizados, y manejo sistemático de información con flujos de validación cruzada. Esta secuencia garantiza linealidad con las necesidades identificadas; además, establece las bases para la estandarización del control de calidad.

4.1. Metodología para el estudio

La metodología inicia con una toma de datos presencial en la planta de procesos, enfocada en recopilar información trazable mediante observación directa y revisión de registros históricos (ej: órdenes de trabajo, informes de no conformidades). Esta etapa garantiza la captura de datos realistas y contextualizados, parámetros técnicos y fallos recurrentes.

Posteriormente, se implementará una metodología híbrida (presencial/remota) para consolidar los datos en un documento diagnóstico, priorizando variables críticas ligadas a los costos de no conformidades, disponibilidad de maquinaria y eficiencia operativa. Este documento servirá como base para la siguiente fase.

En la etapa intermedia, se estructurará la estandarización del control de calidad, integrando bibliografía especializada y buenas prácticas documentadas en empresas del sector metal mecánico. Se analizarán casos de éxito y protocolos validados en la industria para adaptar estrategias al contexto específico de TEC LASER S.A.

Finalmente, se realizará validación participativa con actores directos (operarios, supervisores) e indirectos (área comercial, clientes clave), recopilando observaciones y sugerencias para ajustar la estandarización. Esto asegurará que el sistema sea intuitivo, aplicable y alineado con las necesidades reales del proceso de corte antes de su implementación definitiva.

4.2. Metodología para la visita diagnostico a la planta

Para recopilar información pertinente para el diagnóstico del control de calidad en el proceso de corte llevado a cabo por la empresa Tec Láser, se debe mantener un proceso lineal que radica desde la recepción de la solicitud de corte y así mismo la llegada del material, por esto fue necesaria realizar la visita de auditoría, teniendo especial interés en los fallos técnicos presentados, los reclamos pertinentes al área de corte, la caracterización de los equipos de corte y la descripción técnica de la totalidad del proceso de corte.

Para tener valores atribuibles a los fallos técnicos, se cuenta con la información que reposa en el servidor, el cual alimenta la empresa de manera interna, además de la información del área de mantenimiento, basada en el mantenimiento correctivo aplicado, ya que el paliativo se suele cruzar con los horarios de producción, por lo que prima la generación de activos para la empresa aumentado el número de paradas de mantenimiento, por esto la información proporcionada por esta área será un fuerte pilar en el diagnóstico final.

Para las reclamaciones sobre el área de corte también se extraerá información depositada por distintos colaboradores en el proceso en el servidor virtual, además de los informes de no conformidad presentados a los asesores comerciales por los mismos clientes, que servirán para tener en consideración los criterios de calidad básicos que esperan ser entregados.

En la descripción técnica del proceso implementado hasta el momento se busca tener en cuenta la trazabilidad de la materia prima ya que el material o la variedad de propiedades de este mismo, están vinculado directamente con el resultado final del proceso de corte, por este motivo la descripción del proceso se iniciará desde el almacén haciendo un desglose minucioso para destacar factores importantes en la estandarizar de la calidad del proceso.

5. Diagnostico

5.1. Tec Laser S.A

Tec Laser S.A., nace en el año 1998 a partir de la visión de un grupo de físicos que junto con un empresario Suizo, ven la oportunidad de revolucionar la industria colombiana y la fabricación con la incursión de tecnologías de corte láser en el país, siendo Tec Láser la primera empresa en Colombia y Latinoamérica en traer ese tipo de tecnologías a la región para el desarrollo de piezas con un alto nivel de precisión. El propósito principal de la empresa es el desarrollo y fabricación de productos metalmecánicos y así generar utilidades sostenibles en el tiempo, siendo rentables.

5.1.1. *Misión*

"Ofrecer Soluciones integrales en la fabricación de productos basados en la calidad, flexibilidad y oportunidad."

5.1.2. *Visión*

"Alcanzar el reconocimiento por el liderazgo en innovación y desarrollo sostenible, siendo adaptables y competitivos."

5.2. Perfiles del personal

El capital humano es clave en TEC LASER SA para garantizar la calidad y eficiencia en los centros de corte. La experiencia, formación y coordinación del equipo son determinantes para el óptimo funcionamiento de los equipos y la ejecución oportuna de las órdenes de trabajo, lo que reduce no conformidades y mejora la competitividad.

- ***Composición del equipo:***

    I. **Auxiliares de Planta.** Se encargan de la logística y manejo de materiales, alistamiento

de piezas, asegurando el flujo adecuado de insumos y el montaje correcto para la producción, se cuenta con 1 auxiliar por cada centro de corte.Requieren formación técnica básica y conocimientos de seguridad industrial.

II. **Operarios de Corte.** Operan los equipos (láser y chorro de agua), siguiendo las especificaciones técnicas y registrando parámetros, controlando tiempos de procesamiento y reportando anomalías, 1 operario es necesario para llevar a cabo la operación de 1 centro de corte. Necesitan formación en el manejo de equipos de corte, interpretación de planos y normativas de seguridad; Se valora experiencia de 6 meses a 4 años.

III. **Programadores.** Digitalizan y programan las órdenes de trabajo, verificando planos, materiales y parámetros técnicos para asignar correctamente los centros de corte y optimizar el uso de la maquinaria, 1 programador puede llegar a generar los códigos para los 4 centros que se operan de manera constante. Deben tener conocimientos en CNC, software CAD-CAM y metrología, con al menos un año de experiencia en la industria metalmecánica.

Los roles, capacitación y experiencia que se requieren de cada perfil buscan enfocarse en funciones específicas que impactan en la productividad como lo son las siguientes para cada tipo de perfil:

La operación se organiza en turnos de lunes a viernes (6:30 am a 4:30 pm) que combinan 4 auxiliares, 4 operarios y 1 programador para asegurar continuidad operativa. Esta distribución prioriza el uso eficiente de equipos de corte láser, maximizando la productividad y reduciendo los tiempos muertos, lo que contribuye a disminuir costos operativos.

La eficacia del equipo se refleja en indicadores como el cumplimiento de la programación y la reducción de reprocesos. La interacción continua entre operadores, auxiliares y programadores con el área de mantenimiento permite una rápida detección y solución de fallas, asegurando que los equipos de corte se mantengan en óptimas condiciones.

5.3. Caracterización de equipos

La modernización de los equipos de corte es esencial para mantener altos estándares de calidad y eficiencia en el proceso productivo. En TEC LASER S.A., la inversión en tecnologías avanzadas ha permitido mejorar la precisión y reducir los tiempos de corte, lo cual contribuye significativamente a la competitividad de la empresa.

5.3.1. *Distribución de Equipos*

Actualmente, la planta cuenta con cinco centros de proceso de corte que abarcan una amplia gama de materiales, tanto metálicos como no metálicos, y permiten trabajar con diversos espesores. De estos cinco centros, cuatro utilizan tecnología de corte láser y uno opera con corte por chorro de agua. La distribución interna se organiza en una gran bodega unificada de forma horizontal, subdividida en tres secciones.

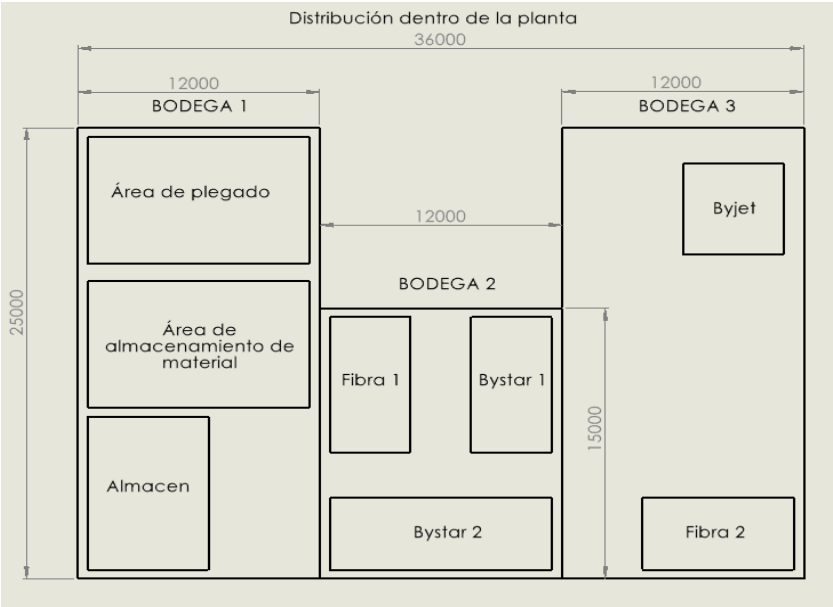


Figura 5. *Distribución de máquinas de corte en la planta.*
Nota. Elaboración propia.

En la Bodega 3, ubicada en la parte superior derecha, como se muestra en la Figura 5 se encuentra el equipo de corte por chorro de agua denominado “Byjet”, mientras que en la zona inferior se ubica el nuevo equipo de corte láser por fibra “Fibra 2”. Por su parte, en la Bodega 2 se encuentran,

en su sector superior, los equipos de corte láser “Fibra 1” y “Bystar 1”, y en el área frontal de esta misma bodega se opera el equipo “Bystar 2”, también de tecnología láser y en la bodega 1 se tiene área de plegados ,almacenamiento de material y almacén. Esta distribución permite que la empresa cubra diferentes tipos de cortes, atendiendo a las particularidades de cada material y a los requerimientos específicos de cada proceso.

5.3.2. *Descripción técnica de los equipos*

- **Maquina de corte por fibra LEA-DS3015 (Fibra 2).** Este modelo es la adquisición más reciente, presenta la característica de corte láser por medio de fibra, es un modelo más reciente como se evidencia en la figura 6 por ende involucra una mayor precisión para cortes en materiales con características particulares. Con un área de trabajo de 3050x1525 mm .



Figura 6. *Fotografía de la máquina de corte por fibra LEA-DS3015 (Fibra 2).*
Nota. Fotografía tomada por los autores.

  Fibra 2 opera a 2000W y es capaz de procesar espesores desde 0.1 mm hasta 9 mm en materiales como acero al carbono y hasta 6 mm para aceros inoxidables.

- **Maquina de corte por fibra D -Fast 1530 (Fibra 1).** Máquina cortadora de metales por fibra CNC DNE 1530 es una de las maquinas más recientes dentro de su repertorio operativo vigente, que brinda al proceso una velocidad de corte de 140 metros por minuto, con un área de trabajo de 3050x1525 mm indicado en la Figura .7, el tipo de sistema potencia que emplea

este modelo es mediante servomotores trifásicos, el equipo se muestra a continuación en la Figura 7.



Figura 7. *Fotografía de la máquina de corte por fibra DNE 1530 (Fibra 1).*
Nota. Fotografía tomada por los autores.

Este modelo es el resultado de la asociación de dos empresas especializadas en este tipo de máquinas láser, como lo son DNE LASER bystronic , en el 2016 iniciaron su asociación bajo el nombre de DNE Laser Bystronic. Con modelos como estos y aferrados a su filosofía, “la calidad es nuestra labor social”, se abriendo paso hasta un puesto formal en bystronic group, lo que implica el acceso a toda su capacidad tecnológica compartida

Este equipo fue actualizado hace 2 años en lo cual se aumentó la potencia de la maquina pasando de 2000W a 6000W lo cual genera un rango mayor de corte en espesores, capaz de procesar espesores desde 0.1 mm hasta 15 mm en materiales como acero al carbono y hasta 12 mm para aceros inoxidables.

Como este es uno de los modelos adquiridos más recientemente, también tiene un acabado de corte de mejor calidad entonces es una de las maquinas más operativas en el momento.

- **Maquina de corte laser BTL 3500 Bystronic (Bystar 1.)**



Figura 8. *Fotografía de la máquina de corte CO_2 BTL 3500 Bystronic.*
Nota. Fotografía tomada por los autores.

Máquina de corte láser del grupo bystronic , presentada en la figura 8 fue construida en el año 1998 en switzersland (suiza), con un peso aproximado de 1600 kg, su corriente principal es de 400 v con una potencia de 3.5Kw, con dimensiones de trabajo de 4000x2000mm, emplea en su cabezal de corte el gas de co2,

- **Maquina de corte laser Bylaser 3000 (Bystar 2).** Es una de las maquinas más como se muestra en la Figura 9, referente a su despliegue de sistemas complementarios externos como: compresores, unidades de refrigeración, unidad de regulación de aire, centro de control y demás equipos, esta máquina también pertenece al grupo familiar Bystronic, que están enfocado a la calidad del proceso de corte láser, el equipo se muestra en la Figura 9.



Figura 9. *Fotografía de la máquina de corte por CO_2 ByLaser 3000.*
Nota. Fotografía tomada por los autores.

Este modelo fue ensamblado en el año 2007 con unidad de control de fábrica de la marca bystronic, posee una potencia de 3 Kw ,con un área de corte de 3050x1525 mm

Los equipos Bystar 1 y Bystar 2 (CO_2) , pueden procesar espesores desde 0.1 mm hasta 15 mm, abarcando una variedad de materiales metálicos y acrílico.

- **Maquina de corte por agua Bystronic Byjet 3015 (Byjet).**



Figura 10. *Fotografía de la máquina de corte por agua ByJet.*
Nota. Fotografía tomada por los autores.

El corte con agua inicia desde las dimensiones de material aceptables por la maquina las cuales son de 3050x1600 mm y espesores de hasta 51 mm. Se presenta el equipo en la

Figura 10, una de las cualidades de esta máquina es que permite hacer cortes en materiales no electromagnéticos, entonces da una amplitud a los materiales que se pueden llegar a procesar en la planta.

Tabla 1. *Características técnicas de las máquinas de corte*

	Fibra 2	**Fibra 1**	**Bystar 2**	**Bystar 1**	**ByJet**
Modelo	LEA-DS3015	DNE-1530	BTL 3500	By 3000	ByJet 3015
Año de fabricación	2024	2016	1995	2000	1990
Número de serie	2024080601	201610230	977200	200780510	1023033
Tecnología de corte	Láser fibra	Láser fibra	Láser	Láser	Chorro de agua
Tipo de gas (corte láser)	Aire, O_2, N	Aire, O_2, N	CO_2, N	CO_2, N	–
Potencia/presión (agua)	6000 W	2000 W	3500 W	3000 W	60,000 psi
Dimensiones de trabajo	1,5 × 3 m	1,5 × 3 m	4 × 2 m	4 × 2 m	1,6 × 3 m

Nota. Elaboración propia.

Con la información recopilada sobre las máquinas empleadas en el proceso, se consolidó la Tabla 1, la cual presenta las características técnicas de las máquinas de corte, permitiendo una comparación clara de sus propiedades distintivas.

5.4. Capacidad de producción

TEC LASER S.A. posee una capacidad histórica de 200 horas de corte semanal, trabajando de lunes a viernes. La asignación de tareas se realiza de acuerdo con la demanda y la complejidad del corte, destinando preferentemente mayor tiempo de producción a los equipos de fibra en comparación con los equipos de CO_2, debido a los menores costos operativos asociados a la tecnología de fibra. Además, a través de criterios empíricos y experimentales, se han establecido parámetros básicos para asignar proyectos específicos. Por ejemplo, en casos que requieran perforaciones concéntricas o tolerancias muy estrictas, se prioriza el uso de los equipos “Fibra 2” y “Fibra 1”,

los cuales ofrecen mayor precisión, aunque actualmente no se cuenta con un registro detallado del rendimiento individual de cada equipo.

La coexistencia de ambas tecnologías de corte láser y chorro de agua brinda una integralidad al proceso productivo. El corte láser se destaca por ser relativamente económico y preciso, aunque puede presentar limitaciones como la afectación térmica en ciertos materiales y espesores específicos. En cambio, el corte por chorro de agua, pese a implicar un costo de proceso algo mayor, permite cortar una gama más amplia de materiales y espesores sin generar alteraciones térmicas en el material

5.5. Descripción del proceso de corte llevado en la actualidad

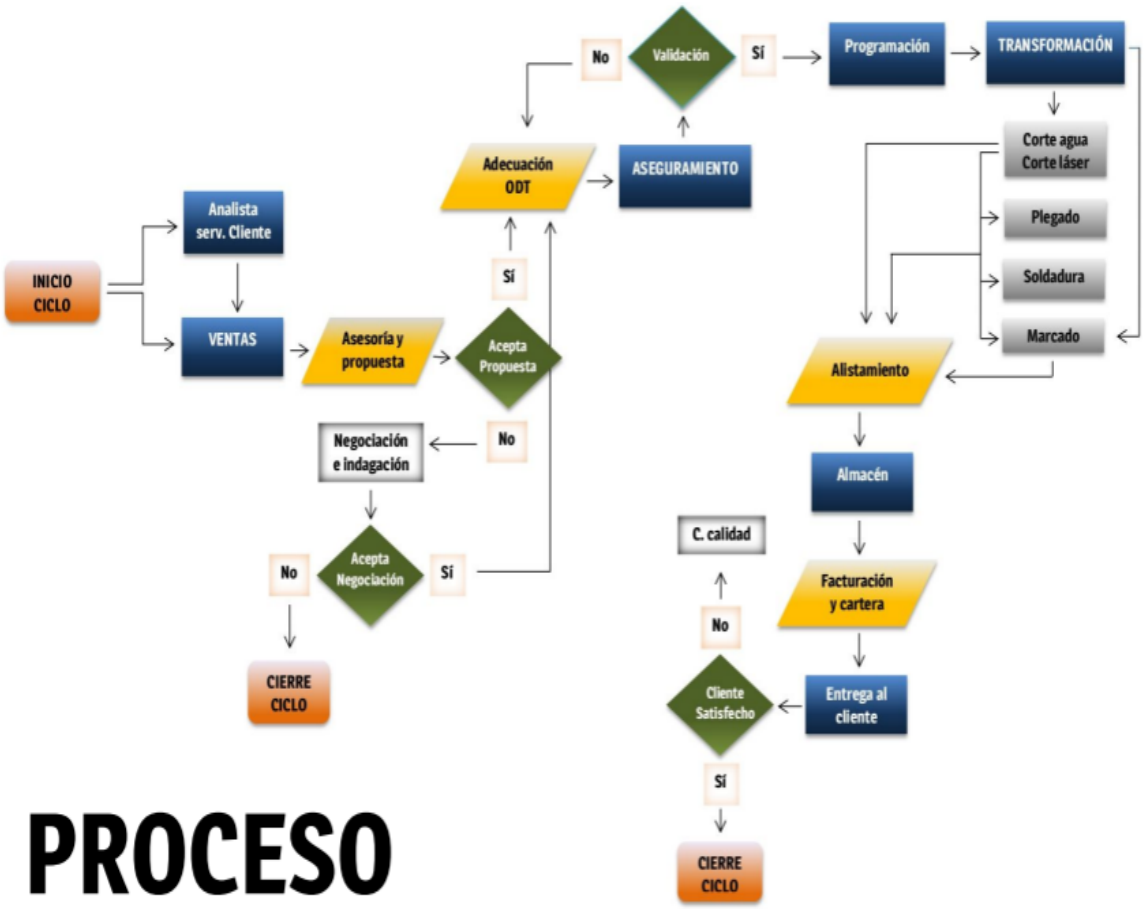


Figura 11. *Organigrama de la empresa.*
Nota. Imagen proporcionada por Tec Láser S.A.

Se evidencia una clara organización del ciclo de trabajo implementado por la empresa. La Figura 11 integra en un único diagrama todos los procesos ofertados, así como las posibles rutas que puede seguir una solicitud, dependiendo del tratamiento interno que reciba conforme al tipo de servicio requerido.

5.5.1. *Asesoría.*

La empresa está abierta al público, por lo que es muy amplio el sector de las solicitudes y las mismas son muy variadas. El asesor interpreta los requerimientos de cada cliente y, bajo las capacidades instaladas, brinda la asesoría en la cual indica la viabilidad del servicio realizado, o en su defecto, alguna guía que brinde un nuevo horizonte de búsqueda.

En situaciones donde el asesor precisa de una solicitud del cliente muy específica, la misma es consultada con el personal operativo con el fin de verificar directamente con el colaborador que estaría involucrado en dicha solicitud, generando así una retroalimentación al cliente sobre su solicitud y adquiriendo experiencia sobre el proceso especifico de manera que posiblemente si llega otra solicitud igual o similar ya pueda abordarla con su criterio, sin embargo muchas veces se vuelve a confirmar la información con el fin de actualizar dicha información adquirida previamente.

- **cotización.** El proceso de cotización comienza con la recepción de la solicitud del cliente a través de diversos canales, como correo electrónico, WhatsApp o atención en mostrador. Una vez recibida, el asesor comercial realiza una verificación preliminar para determinar si cuenta con la información necesaria para elaborar la propuesta. Dependiendo del caso, se procede directamente a la oferta del servicio o se inicia un proceso previo de diseño y planificación.

  Si el cliente proporciona una muestra física, esta es analizada para generar la propuesta correspondiente. En cambio, cuando la solicitud se basa en una idea, se remite al diseñador de la empresa para desarrollar el diseño necesario.

Posteriormente, se define el método de corte a emplear (láser o chorro de agua), decisión tomada por el asesor comercial en función de su experiencia. A través del formulario ilustrado en la Figura 12 , se evalúan las condiciones técnicas de la solicitud, considerando aspectos como las geometrías de corte y la compatibilidad con los diferentes formatos de las máquinas disponibles.

Finalmente, toda la información relevante se registra en el sistema interno, lo que garantiza la trazabilidad del proceso y el cumplimiento de los estándares técnicos establecidos.

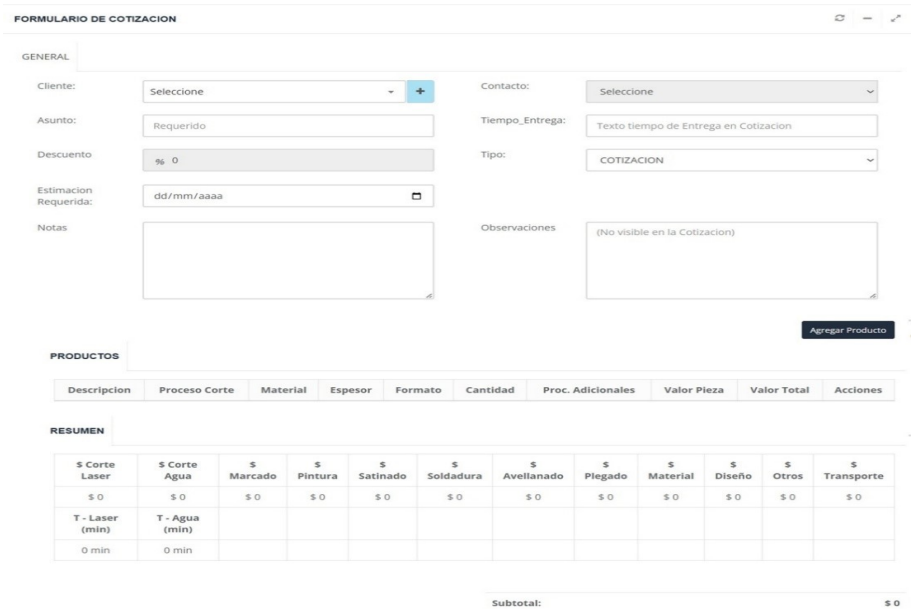


Figura 12. *Formato de cotización de la empresa.*
Nota. Fotografía tomada por los autores.

Los datos de parámetros incluyendo longitud de corte, numero de posicionamientos, área de material, tipo de material, espesor de material, cantidad de piezas, modalidad de suministro (cliente o TEC LASER) y procesos complementarios como plegado, soldadura, pintura y marcado son ingresados en un software interno, el cual calcula el costo del proceso y genera la cotización final.

La aprobación de la orden se formaliza a través de correo electrónico o WhatsApp, acompañada de una orden de compra o un comprobante de anticipo en caso de que el cliente

carezca de crédito, lo que activa la ejecución del proceso cotizado.

5.5.2. *Orden de trabajo*

El asesor genera la orden de trabajo como se muestra en la Figura 13 a partir de la información depositada en la cotización, dicha orden debe ir acompañada de la siguiente información por espacio:

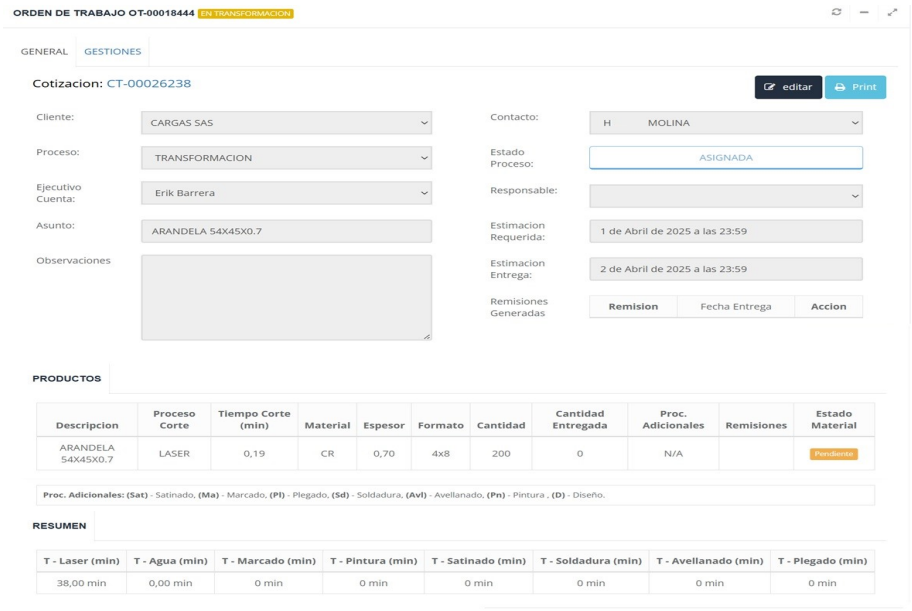


Figura 13. *Formato de diligenciamiento de orden de trabajo.*
Nota. Fotografía tomada por los autores.

Para garantizar la correcta gestión de las órdenes de trabajo, el asesor debe adjuntar en el sistema interno, en la pestaña correspondiente a ordenes de trabajo, una carpeta comprimida que contenga el número de orden, los planos de corte a escala en formato .dxf o .vdm organizados por material, y los planos de procesos complementarios, junto con toda la información adicional necesaria para la ejecución del proceso. Es fundamental asegurar que toda la información de corte se encuentre a la escala requerida. Además, se dispone de un espacio para registrar observaciones, en el cual se detallan los cuidados y las indicaciones aportadas por el cliente que sean pertinentes para el desarrollo del proceso.

5.5.3. *Recepción y almacenamiento de material*

En el proceso de recepción y almacenamiento de material, la cotización especifica el formato o dimensiones y define si el suministro proviene del cliente o de la empresa. Cuando el material es gestionado internamente, se cuenta con una red de proveedores estratégicos que abarca la diversidad de insumos requeridos, siendo la solicitud realizada una vez se ha programado el proceso. En cambio, si el material es proporcionado por el cliente, se reduce el tiempo de respuesta, permitiendo una ejecución más ágil del proceso.



Figura 14. *Material proporcionado por el cliente.*
Nota. Fotografía tomada por los autores.

El área de aseguramiento es la encargada de recibir el material, tal como se muestra en la Figura 14, donde se verifica que cumpla con los estándares de calidad establecidos. En esta etapa se inspecciona la superficie del material para asegurar la ausencia de rayones, golpes o irregularidades geométricas que puedan afectar su posterior transformación. Cabe destacar que no todos los materiales llegan con información adherida, por lo que se realiza un registro interno que incluye datos como el cliente, tipo de material, espesor y dimensiones, lo cual permite un seguimiento adecuado y asegura la trazabilidad de cada lote recibido. En caso de detectarse alguna anomalía o no confor-

midad, se notifica de inmediato al proveedor o al cliente, según corresponda, con el fin de tomar las acciones correctivas necesarias.



Figura 15. *Almacenamiento de esqueletos utilizables.*
Nota. Fotografía tomada por los autores.

Una vez aprobada la calidad del material, se procede a su almacenamiento en tres tipos diferentes de estantes como se muestra en la Figura 15 diseñados para optimizar la distribución y el acceso a los diferentes insumos. Esta organización sistemática permite una gestión eficiente del inventario como se muestra en la Figura 16, asegurando que cada material se encuentre ubicado de forma estratégica para facilitar su identificación y manejo en etapas posteriores del proceso productivo.



Figura 16. *Almacenamiento de material.*
Nota. Fotografía tomada por los autores.

5.5.4. *Area de validación*

Una vez que la orden de trabajo queda registrada en el sistema, se inicia el proceso de validación, cuyo objetivo es verificar la congruencia de datos entre la cotización y la información contenida en la carpeta asociada. Durante esta fase se revisa meticulosamente que la información, como las especificaciones y formatos, se encuentre alineada con los requisitos del proceso. Si se detecta alguna imprecisión, se consulta al asesor correspondiente para definir las correcciones necesarias, procediendo a ajustar y organizar la información.

Este proceso incluye la unificación de los archivos, estableciendo el formato .vdm, y la impresión de la orden de trabajo acompañada de una hoja con el esquema de las piezas, en la que se indican dos cotas de referencia para facilitar el proceso de alistamiento.

5.5.5. *Programación*

En la etapa de programación se inicia con la verificación de la disponibilidad y características del material, en coordinación con el área de aseguramiento, para dar paso a la asignación de un nombre

al programa de corte, basado en el nombre del cliente y el número de orden. Se selecciona el equipo adecuado y se determina cuál de los tres programas se utilizará para generar el código que se cargará en el servidor de la máquina. Durante este proceso se definen distintos parámetros críticos de corte para garantizar que las piezas resultantes tengan la mejor calidad posible, entre los que se encuentran la definición de recorridos, la distribución de piezas en la lámina, el posicionamiento de colas de sujeción como se muestra en la Figura 17.



Figura 17. *Cola de sujeción.*
Nota. Fotografía tomada por los autores.

Además, se estima la cantidad de material requerido y se configura la programación de acuerdo con la optimización del uso del área de la lámina, considerando los desperdicios o esqueletos que quedan del proceso, y, en el caso de material suministrado por el cliente, se busca la mejor distribución para recuperar el excedente.

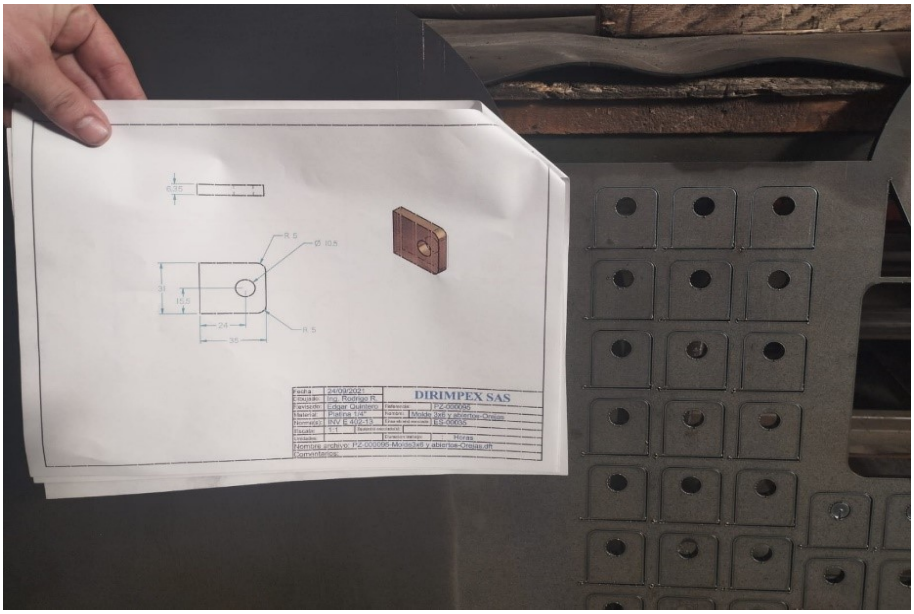


Figura 18. *Plano de la pieza correspondiente a una orden de trabajo ejecutada.*
Nota. Fotografía tomada por los autores.

Finalmente, se imprime una hoja que muestra el programa de corte incluyendo detalles como el nombre asignado, material, espesor, cantidad de repeticiones,con una imagen de referencia de las geometrías a cortar y junto con la orden de trabajo validada como se muestra en la Figura 18, esta información se transfiere a la fase de transformación, que se bifurca según el método de corte a emplear, ya sea por láser o por chorro de agua.

5.5.6. *Transformación*

En la fase de transformación, el jefe de planta distribuye las órdenes de trabajo con el objetivo de estructurar un cronograma de corte diario, tomando en cuenta la disponibilidad de los equipos y priorizando el uso de tecnología de fibra cuando sea posible. El proceso inicia con la asignación de un operario por máquina de corte, quien es asistido por un auxiliar para los trabajos de montaje del material.



Figura 19. *Ingreso de material a la mesa de corte.*
Nota. Fotografía tomada por los autores.

Una vez recibida la orden de trabajo, el operario junto con su auxiliar procede a localizar el material especificado en la hoja de programación. Antes del montaje en la mesa de corte tal como se muestra en la Figura 19, se verifica que el formato, espesor y tipo de material correspondan con lo indicado, garantizando así la correcta ejecución del proceso.



Figura 20. *Cabezal en coordenadas de trabajo.*
Nota. Fotografía tomada por los autores.

Para garantizar la precisión del proceso, se emplean topes de referencia en la mesa de trabajo, los cuales permiten una correcta orientación del material y aseguran que la trayectoria programada mantenga las coordenadas exactas sobre la superficie de la lámina. Con el material correctamente posicionado como se registro en la Figura 20, se establece el punto de inicio (punto 0) del programa de corte. El operador es responsable de cargar el archivo generado en la etapa de programación y de configurar los parámetros técnicos necesarios para la operación Figura 21, tales como el tipo de gas asistente, la posición del punto focal, la selección del cabezal y el ajuste de las lentes del sistema óptico.

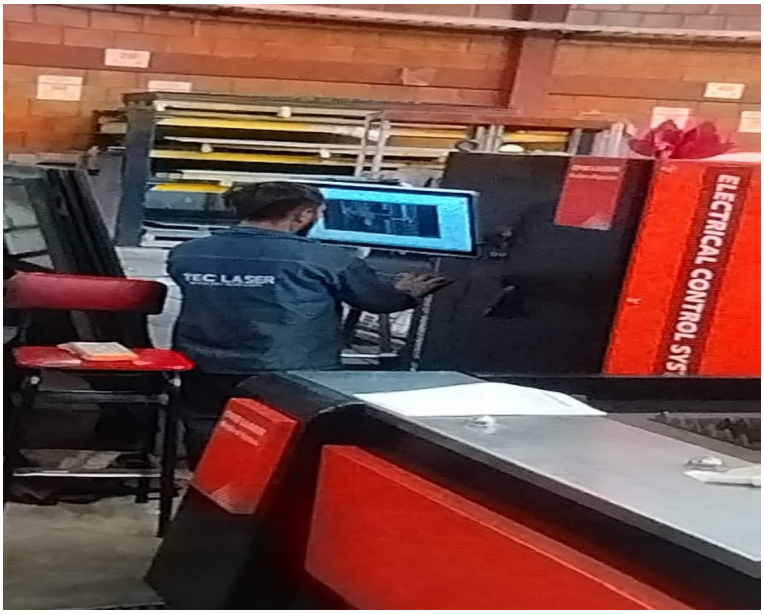


Figura 21. *Puesta a punto de la máquina de corte "Fibra 1".*
Nota. Fotografía tomada por los autores.

Una vez verificados todos los parámetros, se procede con la ejecución del corte, cuyo tiempo de procesamiento varía según las especificaciones de la orden de trabajo. Durante la operación, el operario monitorea continuamente el desarrollo del corte, asegurándose de identificar posibles anomalías, como el levantamiento de piezas dentro de la lámina, lo que podría ocasionar colisiones con la boquilla del cabezal y generar daños en el equipo. Al finalizar el proceso de corte, el operario y su auxiliar realizan una inspección visual preliminar de las piezas y retiran la lámina del área de trabajo, dejando el equipo listo para la siguiente operación

Alistamiento. El proceso de alistamiento comienza inmediatamente después de que el material ha sido procesado en el centro de corte. Las piezas son trasladadas a la zona de alistamiento correspondiente a la orden de trabajo, donde se inicia la separación del material residual como se muestra en la Figura 22. En esta fase, se realiza una inspección visual de las piezas y se procede a la eliminación de rebabas cuando sea necesario, utilizando herramientas como espátulas o lijas orbitales, asimismo, se retirarán los puntos de sujeción generados durante el proceso de corte para asegurar un acabado óptimo.



Figura 22. *Proceso de alistamiento.*
Nota. Fotografía tomada por los autores.

Una vez que las piezas han sido debidamente acondicionadas, se efectúa un conteo comparativo entre las unidades cortadas y la cantidad especificada en la orden de trabajo. Si no se requieren procesos complementarios, las piezas son enviadas directamente al área de almacenamiento. En caso contrario, la orden sigue el flujo de trabajo determinado por el proceso complementario correspondiente, ya sea doblado, soldadura u otro tratamiento posterior.

El tiempo de alistamiento presenta una alta variabilidad dependiendo de la complejidad del orden y de la calidad con la que las piezas salen del proceso de corte. Dado que se manejan diversas

especificaciones y requisitos según la solicitud del cliente, algunas órdenes pueden exigir tiempos de alistamiento más prolongados. Factores como la necesidad de etiquetado, verificación del despacho o la presencia de rebabas excesivas inciden directamente en los recursos requeridos para el acondicionamiento de las piezas. En particular, una mala calidad de corte incrementa el tiempo y el esfuerzo destinados a la remoción de imperfecciones, lo que repercute en una mayor dilatación del tiempo de alistamiento y, en consecuencia, en la eficiencia global del proceso.

5.5.7. *Almacén*

El proceso de almacenamiento inicia con la recepción de las piezas por parte del responsable del área, quien verifica la integridad del material antes de proceder con su embalaje. Para garantizar su adecuada protección y facilitar su identificación, las piezas son envueltas en vinipel y etiquetadas con una pegatina que contiene información clave como se muestra en la figura 23, incluyendo el número de orden, el nombre del cliente y la fecha de ingreso. Posteriormente, las piezas son organizadas en los estantes designados según el tipo de material y especificaciones del orden.



Figura 23. *Almacenamiento de productos y embalaje de material.*
Nota. Fotografía tomada por los autores.

Una vez completado el proceso de embalaje y organización, se realiza el registro en el sistema interno, asegurando que la orden queda documentada dentro del almacén. Esta trazabilidad permite un control preciso del inventario y facilita la gestión logística. Finalmente, al confirmarse el ingreso de la orden en almacén, el personal de recepción procede a contactar al cliente para informarle sobre la disponibilidad de su pedido y coordinar, si es necesario, su retiro o entrega.

5.6. Análisis documental y su aporte al control de calidad en el proceso de corte

En mayo de 2020, la empresa, en su búsqueda por optimizar la calidad de sus procesos, inició un proyecto de implementación de protocolos alineados con la norma ISO 9000 de gestión de calidad. Este esfuerzo contó con el acompañamiento de la Cámara de Comercio, lo que resultó en la creación de una serie de documentos nuevos y sobre 2022 se generó nuevamente la actualización de algunos existentes. Los documentos resultantes de este proceso se encuentran disponibles en el Anexo 1 del presente documento.

5.6.1. *Procedimiento de producto no conforme PRO-PRO01*

El documento PRO-PRO01 establece un marco estructurado para gestionar productos no conformes, lo que contribuye al control de calidad mediante:

- Procedimientos definidos para cuantificar, tratar y documentar productos no conformes (desecho, reproceso, concesión, etc.)
- Responsabilidades asignadas, como el rol del jefe de Producción en la implementación y cumplimiento del proceso.
- Integración con acciones correctivas, vinculando la gestión de no conformidades a la mejora continua.

5.6.2. *Procedimiento de control documental HSEQ-PRO01*

El documento HSEQ-PRO01 establece un marco robusto para la gestión documental, lo que contribuye al control de calidad en el proceso de corte mediante:

- **Normalización y estandarización:**

  I. Define formatos, codificación y versiones de documentos, asegurando que procedimientos, planos y especificaciones técnicas sean consistentes y actualizados.

  II. La codificación por procesos facilita identificar rápidamente documentos críticos para el corte láser.

- **Control de versiones y obsolescencia:**

  I. Elimina el uso de documentos desactualizados, reduciendo errores en el proceso de corte.

  II. Garantiza que solo se utilicen copias controladas, evitando desviaciones en parámetros técnicos.

- **Responsabilidades claras:**

  I. La Dirección de HSEQ centraliza la gestión documental, asegurando trazabilidad y acceso a registros de calidad.

- **Integración con el Sistema Integrado de Gestión (SIG):**

  I. Vincula documentos internos y externos, alineando las operaciones con estándares ISO y legales.

5.6.3. *Procedimiento proceso producción PRO-PRO03*

El documento PRO-PRO03 detalla el proceso de producción con tecnologías CNC, incluyendo el corte láser y por agua. Su aporte al control de calidad se centra en:

- **Verificación de materiales:**

  I. Verificación de calibres, tipo de material y condiciones físicas antes del corte.

  II. Area de validación de programación CNC y encendido de máquinas según especificaciones.

- **Inspección visual:**

  I. Supervisión del proceso de corte para cumplir con planos y dimensiones del cliente.

- **Registro de datos:**

  I. Pasos 7, 10 y 12: Registro de horas, parámetros de corte (velocidad, tiempo) y finalización en el software NOVATEC, permitiendo trazabilidad.

5.6.4. *Formato de reclamación y plan de acción*

Los documentos de reclamación y plan de acción contribuyen al control de calidad en el proceso de corte mediante registro estructurado de no conformidades

- **Trazabilidad:** Vincula reclamaciones con órdenes de trabajo (OT), materiales y responsables, facilitando el rastreo de errores en cortes (ej.: dimensiones incorrectas, rebaba excesiva).

- **Evidencias documentadas:**Permite adjuntar fotos, planos o informes técnicos que respalden la no conformidad, esencial para análisis técnicos.

- **Acciones correctivas:**La sección Observaciones en ´´ reclamación ”,”Plan de acción registra soluciones inmediatas y planes de mejora

- **Identificación de causas raíz** En ”PLAN DE ACCIÓN”, se analizan problemas recurrentes (ej.: fallas en programación CNC, desgaste de herramientas) para prevenir recurrencias.

  Ejemplo: Si múltiples quejas señalan cortes fuera de tolerancia, se puede ajustar la calibra-

ción de máquinas o revisar parámetros en el software NOVATEC

5.7. Diagnóstico del proceso de control de calidad en el área de corte

Con el análisis realizado se procede a identificar las entradas y salidas del proceso las cuales se ilustran en la Figura 24.



Figura 24. *Diagrama de entradas y salidas del proceso de control de calidad.*
Nota. Imagen elaborada por los autores.

Este diagnóstico tiene como objetivo principal la identificación de factores y aspectos tanto como positivos como los negativos dentro del proceso de control de calidad pero que realice un aporte para poder llegar a una conclusión qué pueda ser abordada con acciones de mejora continua a nivel interno, que involucren a los distintos actores en el proceso, y que estas acciones generen el sentido de pertenencia con la calidad del servicio.

5.7.1. *Diagrama de flujo*

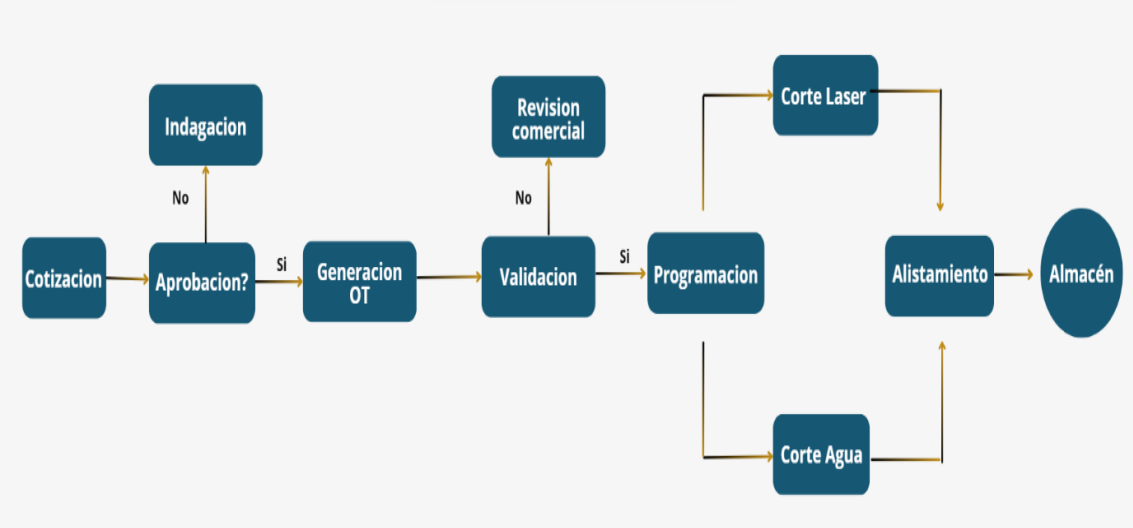


Figura 25. *Diagrama de flujo del proceso de corte en TEC LASER S.A.*
Nota. Imagen elaborada por los autores.

Con la información recopilada sobre cómo se desarrolla la empresa TECLASER S.A.S, y con un conocimiento de su manejo interno en su desarrollo operativo se puede crear una trazabilidad del trabajo, con los actores involucrados permitiendo ver líneas de seguimiento del proceso en la Figura 25 se muestra el diagrama de flujo del proceso de corte.

5.7.2. *Resumen del diagnóstico actual del proceso de control de calidad*

- **Comercial.** El área comercial en el momento de la visita a la planta evidencia conocimientos sólidos que están directamente vinculados con los aportes del equipo de trabajó operativo de la planta referente a criterios del proceso de corte, cuentan con diferentes herramientas digitales que permiten la manipulación de diferentes archivos con el fin de pasar la información lo mejor posible al área de producción, se puede considerar el primer actor filtrante de la calidad ya que capta por parte del cliente la información solo de lo ejecutable por parte de la empresa , además se evidencio que debido a la subjetividad que se puede presentar en cada orden se puede aplicar modelos de estandarización dependiendo de los proyectos o las ordenes específicas que sea de gran volumen.

Con la verificación y asesoría llevada a cabo por el comercial se logran identificar y mitigar situaciones en las que se hubiese generado algún tipo de no conformidad, como conocer el comportamiento de un material con los cambios de temperatura, rebabas inusuales presentadas en giros o rectas especiales y cualquier información operativa que sea conocida de ante mano y sirva para aplicar en el proceso, esta información es la que se puede buscar estandarizar para aplicar en futuros proyectos por cualquier asesor comercial.

- **Area de validación.** En esta área se ve un flujo unilateral de información, en la cual su función principal de validación de material y operatividad, que siempre dependerá inicialmente de la información dada por el comercial en la oferta y del reporte del almacén con la verificación del material para dar paso a su programación y posterior programación.

  Este punto muestra una tendencia de retroalimentación unilateral de trabajo, ya que, al presentar dudas o inconsistencia en la ejecución de la orden de trabajo, se comunica o busca un medio para solucionar o mitigar la mayoría estas eventualidades, este actor del proceso es un punto de control de calidad fijo del inicio del proceso general de la empresa.

- **Programación.** Acá se evidencio que este cargo es una la posición de importancia que conlleva en todo proceso de corte, ya que los criterios de programación están vinculados a una sola persona en el momento de la visita de diagnóstico y que pueden variar al cambiar este colaborador, pero también él es uno de los últimos filtros formales que pueden intervenir en el proceso de corte, después de acá el operario de la maquina es el único que puede corregir un trayecto que implique un daño en la maquinaria de planta.

  El programador debe estar plenamente al tanto de los procesos y capacidades operativas de las maquinas en el proceso, ya que él debería saber que movimientos debe solicitarle a la maquina y que estos sean posibles, o acciones que la máquina por fallos técnicos encuentra

como limitantes al momento de solicitar su ejecución, pero se ve la necesidad de un control adicional el llevado actualmente.

- **Transformación.** En la transformación se nota restricción de liberta de manipulación en los procesos del operario, pero permite que funcione como segundo filtro de revisión de la programación entregada, de presentarse movimientos que impliquen daños de mayor cuantía a material o equipo, sin embargo, también se observó falencias en interpretación de planos que muestran la necesidad de capacitaciones sobre el tema y el proyecto de llevar características especiales.

  Cabe aclarar que en este punto del proceso es donde se notan oportunidades de mejora con mayor frecuencia ya que los operarios entienden el comportamiento ya sea del material o la máquina, que les muestra un mejor resultado en el corte y este tipo de información es la que sería proporcionada al líder de planta y personal de programación para su futura implementación en otros proyectos, entonces la distribución del proyecto va relacionada directamente con los datos procesados por él, además que casi no se vio instrumentos de medición y por los mismo se intuye la ausencia de certificaciones de los mismos

- **Almacenamiento.** Dado que el almacenamiento empieza desde el momento que se retiran las piezas del "esqueleto" abarcara el retiro de la cola de sujeción y el limado de la rebaba resultante, esto ya es trabajo manual del auxiliar y con una correcta inducción o capacitación sobre el proyecto puede corregirse.

  Una vez el material es entregado al almacén, oficialmente se encuentra almacenado, acá ya se inicia su embalaje, conteo y registro en el sistema para validar la salida del material o entrega al cliente teniendo un registro claro del material.

- **General.** Se toma registro durante la vista a la planta que en distintas áreas que están afectando el proceso de control de calidad falta una correcta gestión de documentación e información, además de falta de procedimientos estandarizados, que de encontrarse se realizan de manera independiente y sin registro alguno para ajustes pertinentes a lo largo de su implementación.

Tabla 2. *Descripción de etapas, responsables, actividades y herramientas.*

Etapa del proceso	Responsable	Actividad realizada	Medio utilizado / Herramienta
Cotización	Comercial	Se realiza la propuesta económica	Sistema Novatec
Aprobación del cliente	Cliente	Decide sobre la cotización	Comunicación directa / correo electrónico
Indagación (si aplica)	Comercial	Se solicita información adicional	Comunicación telefónica, correo y mensajes
Generación OT	Comercial	Se genera la Orden de Trabajo al ser aprobada la cotización	Formato OT – Sistema Novatec
Validación técnica	Validación	Se revisa la congruencia de la solicitud con la información recibida	Revisión de planos – Sistema Novatec
Programación	Programador	Se asigna el código CNC y la orden a cada máquina	Software CAD-CAM – Código CNC
Proceso de corte	Operarios del área de corte	Se ejecuta el corte de material en la máquina asignada	Máquina CNC
Alistamiento	Operario de alistamiento	Se verifica, limpia y embala el material cortado	Orden de trabajo
Entrega a almacén	Almacenista	Se registra el ingreso de piezas para posterior entrega	Registro digital en Sistema Novatec

Nota. Elaboración propia.

5.7.3. *Acciones actuales de control de calidad en el proceso de corte*

El proceso de corte en TEC LASER S.A. contempla diversas acciones orientadas al aseguramiento de la calidad, aunque estas se desarrollan de forma parcial, informal y no siempre estandarizada. En la Tabla 2 se ve registrado el resumen de las acciones identificadas en cada momento del proceso, con su correspondiente responsable, documentación utilizada y observaciones relevantes:

Aunque existen prácticas puntuales de control de calidad, no están formalizadas ni integradas en un sistema de gestión estructurado, lo que genera inconsistencias, reprocesos y pérdida de trazabilidad. Esta situación justifica la necesidad de una estandarización basada en instrumentos formales como checklists, instructivos y formatos de control.

5.8. Aspectos clave identificados

El análisis del diagnóstico realizado en el proceso de corte ha permitido evidenciar críticas de múltiples dimensiones, tanto en la estructura del proceso como en la gestión de la calidad. Entre los aspectos claves identificados se destacan:

- **Registro y Trazabilidad de No Conformidades** Se ha constatado la importancia de contar con un sistema estructurado de registro que documente detalladamente las no conformidades. Este registro no solo debe incluir la descripción del defecto sino también el impacto económico asociado, lo que facilitará el análisis de tendencias y la identificación de puntos críticos adicionales del proceso.

- **Detección de Causas Raíz y Evaluación Estadística** Se evidencia que la organización no realiza análisis estadístico asociado a frecuencia de defectos y su relación con aspectos económicos, a su vez solo aplica técnica de 5 por qué y no en todos los casos así mismo pudiendo utilizar algunas mas

- **Estandarización de Protocolos, Procedimientos y capacitaciones** Se evidencia la ausencia de protocolos documentados y estandarizados que garantizan la consistencia en el control de

calidad del proceso.

- **Integración de Datos Documentales y Prácticas Operativas** La clasificación entre la documentación interna y las prácticas de operación ha evidenciado la necesidad de fortalecer la comunicación entre las áreas encargadas de la documentación y la ejecución real del proceso.

- **Monitoreo y Evaluación Constante del Proceso** No se cuentan con mecanismos de seguimiento y monitoreo que permitan evaluar en tiempo real el desempeño del proceso de corte. La implementación de indicadores clave de rendimiento (KPIs) facilita la identificación temprana de desviaciones y permite la aplicación oportuna de acciones correctivas.

6. Propuesta de estandarización del proceso de control de calidad

Esta sección presenta el diseño técnico y documental de las actividades necesarias para estandarizar el proceso de control de calidad en la operación de corte de la empresa TEC LASER S.A. La propuesta incluye instructivos, procedimientos, formatos de inspección, parámetros técnicos y mecanismos de evaluación que buscan mejorar la eficiencia y reducir las no conformidades.

La implementación de esta propuesta queda sujeta a la decisión y disposición de la empresa, por lo que el presente proyecto se limita a su estructuración, documentación y entrega formal como insumo para la mejora continua.

6.1. Procesamiento y análisis documental

6.1.1. *Criterios de corte.*

Se presentarán los criterios de corte con los que Tec Laser cuenta de una forma no documentada en el momento de realizar el diagnóstico, por lo cual se presentan de la siguiente manera.

- **Acabado canto de corte.** El acabado del canto de corte puede variar según el material y el espesor del mismo, lo que genera un rango amplio de resultados posibles. Como criterio principal, se considera que una rugosidad superficial excesiva evidencia vibraciones durante el proceso de corte, como se puede observar en una pieza en la figura 5, lo cual clasifica la pieza como no conforme.



Figura 26. *No conformidad por acabado.*
Nota. Fotografía tomada por los autores.

Por otro lado, en materiales como el acero inoxidable, es común que el cliente solicite el uso de nitrógeno como gas auxiliar, ya que este garantiza un acabado liso y brillante en el canto, cumpliendo con estándares estéticos y funcionales exigidos. El acabado con nitrógeno se alinea con los requisitos de la Norma ISO 9013:2017 para cortes térmicos en aceros inoxidables (ISO 9013, 2017).

- **Conformidad dimensional.** La conformidad dimensional garantizada para el proceso de corte en piezas que sean críticas por láser se establece bajo un criterio de ±0.2 mm bidireccionales. Por su parte, en el corte por chorro de agua, la tolerancia admisible es de ±0.8 mm bidireccionales, con un efecto de conicidad de hasta 1.2 mm debido a la dispersión del chorro en materiales de gran espesor; estos parámetros deben ser validados para cada solicitud en cuestión, sin embargo, son valores generales.



Figura 27. *Presencia de rebaba en el canto de corte.*
Nota. Fotografía tomada por los autores.

No obstante, pueden presentarse desplazamientos en la ubicación de perforaciones respecto al centro diseñado, especialmente en geometrías complejas o materiales heterogéneos. Estas desviaciones, si exceden las tolerancias establecidas en planos de fabricación e indicaciones del cliente, clasifican la pieza como no conforme y requieren reproceso, lo que incrementa costos y tiempos de producción.

- **Conformidad geométrica.** La conformidad geométrica está intrínsecamente ligada a los criterios de acabado superficial y dimensional, ya que una rugosidad irregular en el canto de corte no solo compromete las dimensiones especificadas, sino también la geometría de la pieza tal como lo evidencia la figura 6 en el borde del corte del oblongo con presencia de rebaba. Para garantizar la conformidad geométrica y dimensional, es esencial que las piezas sean cortadas en su contorno completo y que las perforaciones internas se ejecuten dentro de los límites del material, evitando desviaciones que alteren su integridad estructural.



Figura 28. *Producto no conforme por contaminación.*
Nota. Fotografía tomada por los autores.

En procesos como el corte por láser, donde se alcanzan tolerancias de ±0.2 mm, la precisión geométrica depende directamente de la estabilidad térmica y la calibración del equipo. Por su parte, en el corte por chorro de agua, aunque las tolerancias son más amplias (±0.8 mm), la ausencia de calor preserva la geometría original del material, reduciendo riesgos de deformación.

- **Contaminación de la pieza.** La ausencia de contaminación en las piezas cortadas es un criterio clave para garantizar la calidad del proceso, ya que se requieren superficies libres de rebabas excesivas que puedan adherirse al material, alterar su funcionalidad o retrasar las etapas de alistamiento. En el corte por láser, el uso de gases auxiliares como el nitrógeno minimiza la formación de óxidos y residuos, asegurando un acabado limpio y libre de contaminantes Por otro lado, en el corte por chorro de agua, la selección adecuada de abrasivos (ej: granate de alta pureza) y la presión óptima (3000-4000 bar) reducen la incrustación de partículas en el material, cumpliendo con estándares de limpieza exigidos en industrias como la aeroespacial.

  La presencia de rebabas o residuos no solo compromete la estética de la pieza como se evidencia en la figura 7, sino que también puede interferir en procesos posteriores como el

ensamblaje o el tratamiento superficial, incrementando los tiempos de producción al atender la no conformidad y los costos operativos.



Figura 29. *Pieza no conforme por rebaba.*
Nota. Fotografía tomada por los autores.

En la Figura 29 se evidencia una acumulación significativa de rebaba sólida adherida al borde de la pieza tras el proceso de corte térmico. Esta irregularidad superficial representa una no conformidad dimensional y funcional, ya que su eliminación requiere operaciones de desbaste mediante herramientas abrasivas, como discos de pulir. Dicho proceso adicional no solo incrementa los tiempos de retrabajo, sino que también puede comprometer la integridad superficial del componente, generando posibles afectaciones en tolerancias críticas o en la calidad del acabado final.

6.1.2. *Procesamiento de no conformidades*

Se obtiene un compendio de informes de reclamos por calidad generados por clientes referentes a los años 2023 y 2024 en los cuales mediante una selección critica se determinaron 14 informes relacionados al proceso de corte ,con esta informacion , se realizará una tabla de registro , Tabla. 3 de la cual se registrarán los datos de las principales causas por las cuales se generan no conformidades, como: fecha de detección, la no conformidad,material que se empleo, número de unidades afectadas, valor de total del gasto asociado a la NC según la cotización de la solicitud, etapa donde

ocurrió (comercial, validación, programación, transformación, alistamiento, almacén)

Tabla 3. *Procesamiento de no conformidades registradas durante el corte 2023 a 2024*

#	ID NC	Fecha	Causa de NC	Material	Cant.	Gasto	Proceso	Causa raíz
1	17	16/01/2023	Contaminación cruzada	Galv C34	5	$7.150	Corte láser	Residuos en rejillas
2	12	12/01/2023	Perforaciones vibradas	Inox C18	5	$6.850	Corte láser	Movimiento del material durante corte
3	24	13/01/2024	Referencias duplicadas	Inox 3 mm	1	$328.000	Corte láser / software	Error por similitud entre piezas
4	440	08/05/2024	Perforaciones fuera de medida	AL 1.5 mm	2	$1.280.000	Corte láser	Compensaciones mal aplicadas
5	0624v	06/11/2024	Perforaciones vibradas	HR 4.5 mm	200	$3.360.000	Corte láser	Movimiento del material durante corte
6	439	05/2022	Perforaciones fuera de medida	Al 3 mm	10	$1.031.200	Corte láser	Compensaciones mal aplicadas
7	17824	01/12/2023	Medidas no conformes	Al 1.5 mm	3	$8.400	Corte láser	Posible capa del plano errónea
8	18205	05/03/2023	Medidas no conformes	Al 1.5 mm	4	$6.300	Corte láser	Error en carga de planos
9	18162	24/04/2023	Pieza escalada	Al 1.5 mm	3	$6.300	Carga de planos	Error en carga de planos
10	18190	28/04/2023	Pieza escalada	Al 1.5 mm	5	$8.400	Carga de planos	Error en carga de planos
11	18006	16/03/2023	Medidas no conformes	Al 1.5 mm	7	$9.750	Corte láser	Posible capa del plano errónea
12	18123	17/04/2023	Pieza escalada	Al 1.5 mm	2	$2.580	Archivo de planos	Error en envío de planos
13	18414	21/06/2023	Medidas no conformes	Al 1.5 mm	9	$25.600	Corte láser	Error en carga de planos
14	18328	06/01/2023	Medidas no conformes	Al 1.5 mm	2	$4.280	Corte láser	Posible error de corte

Nota. Datos recopilados del 2023 hasta el 2024. Elaboración propia.

6.1.3. *Análisis estadístico con los datos procesados.*

A continuación, se presenta el análisis estadístico de las no conformidades (NC) recopiladas utilizando el principio de Pareto, tanto por frecuencia como por impacto económico. Los datos se

basan en la Tabla 3, generada con información interna sobre costos de los procesos:

Análisis por frecuencia de no conformidades. Para la generación de la tabla de análisis de frecuencia se inicia con la agrupación y conteo de causas: Se identificaron las causas recurrentes y se contabilizaron como se muestra en la Tabla 4, para un total de 14 archivos de no conformidades.

I. **Contar NC por categoría:**

- Medidas no conformes: 4
- Pieza escalada: 4
- Perforaciones fuera de medida: 2
- Contaminación cruzada: 1
- Perforaciones vibradas: 1
- Otras causas: 2

Total = 14

II. Calcular porcentajes:

- Fórmula: % = (Frecuencia / Total) × 100.
- Medidas no conformes:(4/14) × 100 = 28.57
- Pieza escalada:(4/14) × 100 = 28.57
- Repetir para todas.

III. Calcular % acumulado:

- Ordenar categorías de mayor a menor frecuencia.

- Sumar progresivamente:

Tabla 4. *Distribución porcentual acumulada de no conformidades*

Causa de NC	Frecuencia	% Frecuencia	% Acumulado
Medidas no conformes	4	26,67 %	26,67 %
Pieza escalada	4	26,67 %	53,34 %
Perforaciones fuera de medida	2	13,33 %	66,67 %
Contaminación cruzada	1	6,67 %	73,34 %
Perforaciones vibradas	1	6,67 %	80,01 %
Otras causas	3	20,00 %	**100,00 %**

Nota. Elaboración propia.

Generación Pareto de análisis por frecuencia apoyado en Excel

IV. **Insertar gráfico combinado:**

- seleccionar celdas (toda la tabla)
- Elegir, Combinado

V. **Configurar datos:**

Rangos de categorías:

- Eje horizontal: Seleccionar todas las causas de NC

Valores:

- Frecuencia: Seleccionar por grupos valores de columna frecuencia.
- %Frecuencia: Seleccionar por grupos valores de columna % frecuencia.
- %Acumulado: Seleccionar por grupos valores de columna % acumulado.

VI. **Ajustar ejes secundarios:**

- Hacer clic derecho en eje % →Formatear eje

  Establecer:

- Mínimo: 0,
- Máximo: 1.0 (100 %)
- Unidades principales: 0.2 (20 %)

VII. **Personalizar diseño:**

- Barras:Color, ancho de brecha 0
- Línea:Color, grosor 2pt
- Título:"Grafico Pareto análisis por impacto económico "
- Leyenda: Superior

VIII. **Agregar línea de 80 %:**

- Insertar → Formas → Línea
- Dibujar línea horizontal en 80 % del eje secundario
- Formato: Guiones

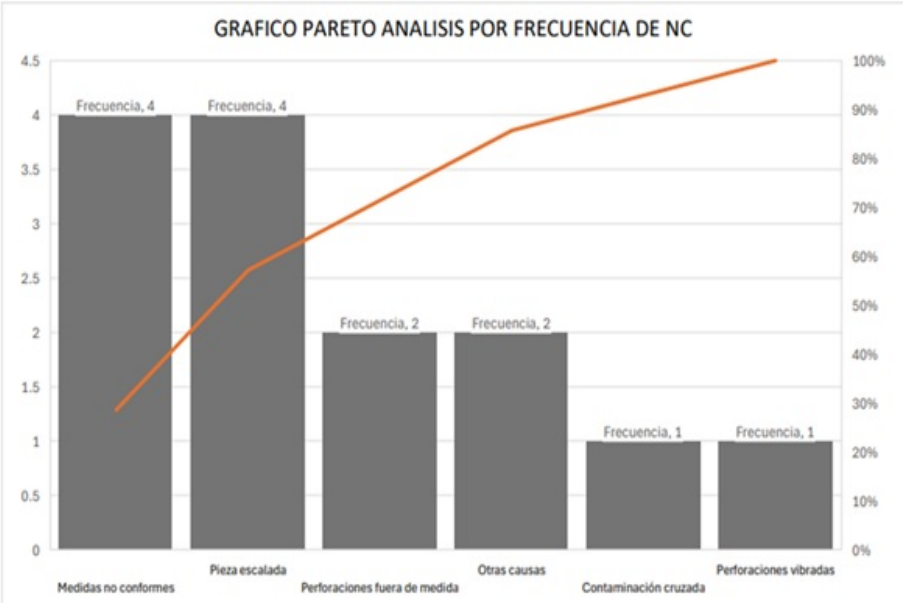


Figura 30. *Gráfico de Pareto para el análisis de frecuencia de no conformidades.*
Nota. Imagen elaborada por los autores.

La construcción de la Tabla 4 permitirá obtener el gráfico de Pareto presentado en la Figura 30 el cual indica que las causas ”Medidas no conformesz ”Pieza escalada”son las más frecuentes, representando cada una el 28.57 % de las no conformidades. Juntas, estas dos causas acumulan el 57.14 % de las no conformidades, lo que indica que son situaciones críticas que requieren atención prioritaria.

Análisis por Impacto Económico. Para la generación de la tabla de análisis por impacto económico se parte del cálculo del gasto total: Suma de los costos asociados a cada causa, estos valores son dados por un software interno que ayuda para agilizar las cotizaciones del asesor comercial.

I. **Sumar costos por categoría:**

- Medidas no conformes: $18,640 + $18,450 + $2,498,800 + $14,250 =$2,550,140
- Perforaciones fuera medida: $1,153,300 + $1,033,200 =$2,186,500.
- Repetir para todas.
- Costo total = $6,543,470

II. **Calcular % de gasto:**

- Fórmula: % = (Gasto categoría / Gasto total) × 100
- Medidas no conformes:($2,550,140 / $6,543,470) × 100 = 38.97 %
- Perforaciones fuera medida:($2,186,500 / $6,543,470) × 100 = 33.42 %

III. **Calcular % acumulado (orden descendente por gasto):**

- Medidas no conformes: 38.97 %
- Perforaciones fuera medida: 38.97 % + 33.42 % = 72.39 %
- Sumar progresivamente:

Tabla 5. *Distribución porcentual de costos asociados a las no conformidades*

Causa de NC	Moneda	Costo	% Costo	% Acumulado
Perforaciones fuera de medida	$	2,867,130	40,20 %	40,20 %
Medidas no conformes	$	2,492,650	34,95 %	75,15 %
Pieza escalada	$	924,230	12,96 %	88,11 %
Otras causas	$	520,770	7,30 %	95,41 %
Contorno pieza vibrada	$	326,000	4,57 %	**100,00 %**

Nota. Elaboración propia.

Generación Pareto de análisis por impacto económico apoyado en Excel

IV. **Insertar gráfico combinado**

- Seleccionar celdas (toda la tabla)
- Ir a pestaña, Insertar→Gráficos→Todos los gráficos
- Elegir, Combinado

V. **Configurar datos:**

Rangos de categorías:

- Eje horizontal: Seleccionar todas las causas de NC

Valores:

- Gasto: Seleccionar por grupos valores de columna gasto.
- % Gasto: Seleccionar por grupos valores de columna % gasto.
- %Acumulado: Seleccionar por grupos valores de columna % acumulado.

VI. **Ajustar ejes secundarios:**

- Hacer clic derecho en eje % → Formatear eje

Establecer:

- Mínimo: 0,
- Máximo: 1.0 (100 %),
- Unidades principales: 0.2 (20 %)

VII. **Personalizar diseño:**

- Barras:Color, ancho de brecha 0
- Línea:Color, grosor 2pt
- Título:"Grafico Pareto análisis por impacto económico "
- Leyenda: Superior

VIII. **Agregar línea de 80 %:**

- Insertar → Formas → Línea

- Dibujar línea horizontal en 80 % del eje secundario
- Formato: Guiones

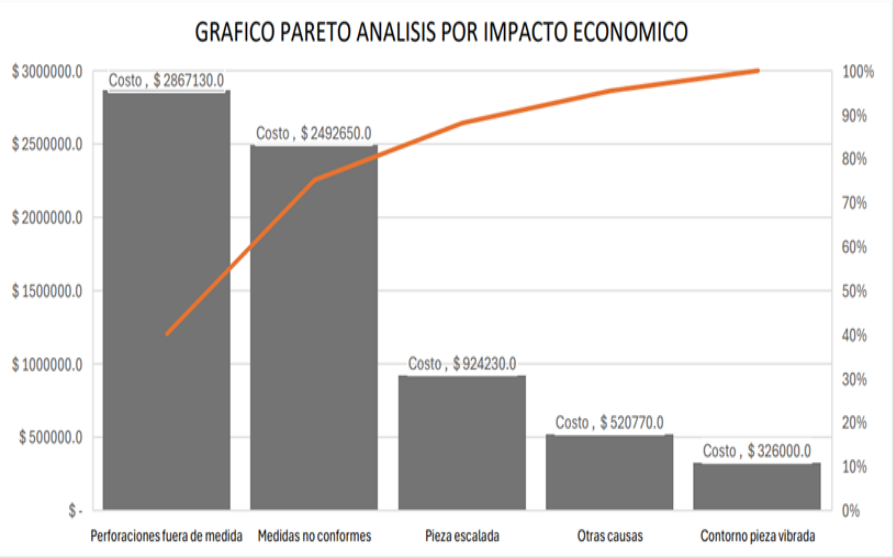


Figura 31. *Gráfico de Pareto para el análisis por impacto económico.*
Nota. Imagen elaborada por los autores.

El análisis por impacto económico de la Figura 31 generado a partir de la clasificación obtenida en la Tabla 5 revela que Medidas no conformes y Perforaciones fuera de medida son las que generan el mayor costo, con un 38.97 % y un 33,42 % del costo total respectivamente. Estas dos causas acumulan el 72,39 % del costo total, lo que sugiere que, aunque la Pieza escalada tenga la misma frecuencia que Medidas no conformes, el impacto económico de ”Medidas no conformes.[es] mayor.

Se evidencia la necesidad de una clasificación de no conformidades para el proceso de corte esto con el fin de identificar el tipo de con conformidad más presente, así como permitirá estandarizar las acciones que conlleven a corregir las situaciones presentes en cada tipo de no conformidad.

Tipos de no conformidades en el proceso de corte. En el proceso de corte se presentan múltiples fenómenos o situaciones que son consideradas no conformidad ya que la pieza requerida no cumple con los estándares previstos en la solicitud del cliente, a continuación, se presenta una clasificación sugerida en la cual se generan 3 grupos principales con distintos fenómenos que son:

- **No conformidades relacionadas con la calidad de corte.**

    1. **Acabado irregular en el canto de corte:** pieza mal cortada en su contorno.

    2. **Irregularidad dimensional:** pieza que no cumple con las especificaciones dimensionales según plano de fabricación.

    3. **Irregularidad geométrica:** pieza que no concuerda en su composición geométrica según plano de fabricación.

    4. **Contaminación cruzada en piezas:** piezas que quedan con partículas de su mismo u otro material adheridas en sus caras o contornos

    5. **Falta de perforaciones:** piezas que no cuentan con la totalidad de perforaciones solicitadas según el plano de fabricación.

    6. **Puertas mal cortadas:** puertas que no concuerdan en el corte solicitado sea principalmente por la ubicación del corte solicitado.

- **No conformidades relacionadas con el material:**

    1. **Corte en espesor equivocado:** piezas que son cortadas en un espesor diferente al solicitado en la orden de trabajo.

    2. **Corte en material equivocado:** piezas que son cortadas en un material diferente al solicitado en la orden de trabajo.

- **No conformidades relacionadas con la cantidad de piezas:**

    1. **Corte de piezas en exceso:** corte de mas piezas de las solicitadas en orden de trabajo.

    2. **Falta de piezas por cortar:** ausencia de corte completo de piezas solicitadas en orden de trabajo

Para mantener un estándar en la gestión de las no conformidades, se propone una clasificación e

identificación específica para el proceso de corte como se evidencia en la Tabla 6, basada en este trabajo. Esto facilitará la identificación y categorización de las no conformidades.

Tabla 6. *Clasificación de no conformidades en el proceso de corte*

Tipo de no conformidad	Clasificación	Identificación
Calidad	Acabado irregular en el canto de corte	Presencia de bordes que no son lisos, uniformes o presentan asperezas, mellas o deformaciones.
	Irregularidad dimensional	Las medidas del producto no cumplen con las especificaciones establecidas.
	Irregularidad geométrica	La forma o estructura no cumple con las especificaciones o tolerancias.
	Contaminación cruzada en piezas	Presencia de materiales o residuos ajenos que comprometen calidad o funcionalidad.
	Falta de perforaciones	Las perforaciones no se realizaron conforme a planos o especificaciones.
Material	Corte en espesor equivocado	El grosor de la pieza no coincide con lo especificado; se detecta mediante medición precisa con calibradores o micrómetros.
	Corte en material equivocado	El material no corresponde al diseño; se detecta mediante inspección visual y comparación con planos.
Cantidad	Corte de piezas en exceso	Las piezas superan las cantidades especificadas; se detecta con conteo e inspección de planos.
	Falta de piezas por cortar	Las piezas son menos de las requeridas; se detecta con verificación contra planos e instrucciones.

Nota. Elaboración propia.

Análisis de Causas raíz para Cada Tipo de No Conformidad

Una vez se ha realizado la clasificación de las con conformidades surge la necesidad de un análisis de causas para cada tipo y subtipo de no conformidad señaladas anteriormente de manera que también se abordan desde los 3 grupos principales.

- **No conformidades relacionadas con la Calidad del Corte**

1. **Acabado irregular en el canto de corte**

   Causas Raíz:

   - **Parámetros de corte incorrectos:** Velocidad, potencia o enfoque del láser inadecuados para el material o espesor.
   - **Desgaste de componentes:** Lentes del láser, boquillas de corte o cabezales dañados.
   - **Vibraciones en la máquina:** Falta de nivelación, soporte inestable del material o desgaste de rodamientos.
   - **Contaminación:**Residuos de cortes anteriores en la superficie de trabajo.

2. **Irregularidad dimensional**

   Causas Raíz:

   - **Errores en el diseño CAD:** Tolerancias no definidas o planos desactualizados.
   - **Calibración incorrecta:** Máquina desalineada o ejes (X,Y,Z) con desviación.
   - **Material mal sujeto** Movimiento durante el corte debido a fijación insuficiente.
   - **Software de programación:**Errores en la conversión de archivos (ej: escalas incorrectas).

3. **Irregularidad geométrica**

   Causas Raíz:

- **Trayectoria de corte errónea:** Programación incorrecta del trayecto del láser/agua.
- **Deformación térmica:** Sobrecalentamiento del material durante el corte (láser).
- **Material heterogéneo:** Variaciones en la composición o espesor del material

4. **Contaminación cruzada en piezas**

   Causas Raíz:

   - **Limpieza insuficiente:** Residuos de materiales anteriores en rejillas o mesas de trabajo.
   - **Manejo inadecuado:** Uso de herramientas contaminadas (pinzas, guantes).
   - **Almacenamiento incorrecto:** Materiales expuestos a polvo o humedad.

5. **Falta de perforaciones**

   Causas Raíz:

   - **Omisión en el diseño:** Perforaciones no incluidas en el archivo CAD por capas en archivos.
   - **Error en la programación:** Parámetros de perforación no activados en el software.
   - **Fallas en la máquina:** Cabezal de perforación bloqueado o cambios en el programa suministrado

6. **Puertas mal cortadas**

   Causas Raíz:

   - **Interpretación errónea del plano:** Dimensiones o geometrías mal especificadas.
   - **Desgaste de herramientas:** Boquillas en mal estado para cortes complejos

- **No conformidades relacionadas con el material**

  1. **Corte en espesor equivocado**

     Causas Raíz:

     - **Especificaciones incorrectas:** Error en la orden de trabajo o comunicación con el cliente.
     - **Configuración errónea:**Parámetros de corte no ajustados al espesor real del material.
     - **Proveedor:** Material entregado con espesor fuera de tolerancia.

  2. **Corte en material equivocado**

     Causas Raíz:

     - **Etiquetado incorrecto:** Material mal identificado en almacén.
     - **Error humano:** Selección de material erróneo por parte del operario.
     - **Falta de verificación:** No se contrasta el material con la orden de trabajo.

- **No conformidades relacionadas con la cantidad de piezas**

  1. **Corte de piezas en exceso**

     Causas Raíz:

     - **Programación duplicada:**Archivos de corte cargados múltiples veces.
     - **Falta de supervisión:** No se verifica la cantidad antes de iniciar el proceso.
     - **Errores en el software:** Configuración de repeticiones incorrecta.

  2. **Falta de piezas por cortar**

Causas Raíz:

- **Omisión en el diseño:** Piezas no incluidas en el archivo CAD.
- **Interrupción del proceso:** Fallos eléctricos o paradas no planificadas.
- **Gestión de inventario:** Material insuficiente para completar el pedido.

6.2. Procesamiento de análisis individual no conformidad sugerida

Tomando como ejemplo una de las reclamaciones recopiladas se propone generar el siguiente procesamiento para cada no conformidad interna y externa de manera que permita entender tanto la problemática como la causa.

6.2.1. *Reclamación 0624V2.*



Figura 32. *Referencia visual de la no conformidad 0624V2.*
Nota. Imagen proporcionada por Tec Láser.

En la reclamación 0624V2 la cual se evidencia en la Figura 32 el cliente indica la presencia de al menos 200 piezas con este defecto cabe resaltar que el total de piezas de la producción solicitada es de 6000 unidades.

Se realiza de manera inicial una calificación de la NC en base a la clasificación anteriormente sugerida de la Tabla 6 de identificacion y clasificacion de no conformidades

6.2.2. *Tipo de no conformidad*

Relacionado con la calidad del corte,acabado irregular en el canto de corte. Con el tipo de no conformidad identificado se procede a realizar un análisis de la situación presente apoyado en herramientas como técnica de 5 porqué y diagrama de Ishikawa.

6.2.3. *Análisis del Problema*

La falta de calidad en el corte se origina por:

I. Movimiento del material durante el proceso de corte: Durante el corte se pudo generar un leve movimiento que causara la irregularidad presente.

II. Cambio en parámetros de maquina: Ausencia de protocolos de parámetros establecidos de forma clara.

6.2.4. Técnica de los 5 por que

Para la realización de la técnica de los 5 por que, se establecen de manera inicial 5 posibles causas con el fin de establecer un punto de partida que aborde diferentes aspectos y puntos de vista de la situación. Este análisis se propone se realice en conjunto con el personal involucrado con el fin de tener diferentes puntos de vista objetivos.

I. **Posible Causa: Lentes y ópticas sucias**

a) ¿Por qué hay irregularidades en la superficie de corte?

Porque los lentes y ópticas del láser están sucios.

b) ¿Por qué están sucios los lentes y ópticas?

Porque no se realizó la limpieza después del último corte.

c) ¿Por qué no se realizó la limpieza?

Porque no hay un protocolo estandarizado de limpieza post-corte

d) ¿Por qué no existe un protocolo estandarizado?

Porque no se ha implementado un sistema de mantenimiento preventivo.

e) ¿Por qué no se ha implementado?

Por falta de capacitación en gestión de calidad y estandarización de procesos.

Causa Raíz: Ausencia de protocolos de mantenimiento preventivo y capacitación en limpieza de componentes críticos.

II. **Posible Causa: Caída de potencia de la máquina**

a) ¿Por qué hay irregularidades en la superficie de corte?

Porque la potencia del láser disminuyó durante el proceso.

b) ¿Por qué disminuyó la potencia?

Porque el sistema de refrigeración de la máquina no funcionó correctamente.

c) ¿Por qué falló el sistema de refrigeración?

Por acumulación de polvo en los filtros.

d) ¿Por qué no se limpiaron los filtros?

Porque no hay un plan de mantenimiento programado o se presentan picos de producción.

e) ¿Por qué no hay un plan de mantenimiento?

Por falta de recursos asignados a la gestión de mantenimiento.

Causa Raíz: Falta de un plan de mantenimiento preventivo y asignación de recursos para su ejecución, así como una coordinación con el área productiva.

III. **Posible Causa: Parametrización de la máquina inadecuada**

a) ¿Por qué hay irregularidades en la superficie de corte?

Porque los parámetros de corte (velocidad, potencia) no eran adecuados

b) ¿Por qué se usaron parámetros inadecuados?

Porque el operario no realizo el cargue adecuado de parámetros guía

c) ¿Por qué no realizo el correcto cargue de parámetros guía?

Porque no existe una base de datos accesible y clara con parámetros estandarizados.

d) ¿Por qué no existe esta base de datos?

Porque no se ha priorizado la documentación de procesos.

e) ¿Por qué no se ha priorizado?

Por falta de acción organizacional enfocada en la calidad.

Causa Raíz: Ausencia de documentación estandarizada y acceso a guías técnicas para operarios.

IV. **Posible Causa: Contaminación de la boquilla**

a) ¿Por qué hay irregularidades en la superficie de corte?

Porque la boquilla del láser estaba contaminada con residuos.

b) ¿Por qué estaba contaminada la boquilla?

Porque no se limpió después del corte de un material anterior.

c) ¿Por qué no se limpió?

Porque no hay un checklist pre-corte que incluya esta acción.

d) ¿Por qué no hay un checklist?

Porque los procedimientos de calidad no están formalizados.

e) ¿Por qué no están formalizados?

Por falta de liderazgo en la implementación de sistemas de gestión de calidad

Causa Raíz: Falta de procedimientos formalizados y herramientas de verificación (checklist).

V. **Posible Causa: Distracción del operario**

a) ¿Por qué hay irregularidades en la superficie de corte?

Porque el operario no supervisó adecuadamente el proceso.

b) ¿Por qué no supervisó el proceso?

Porque estaba realizando múltiples tareas simultáneas.

c) ¿Por qué realizaba múltiples tareas?

Por picos de producción que suelen presentarse.

d) ¿Por qué hay picos de producción?

Por una mala planificación de la carga laboral.

e) ¿Por qué hay mala planificación?

Por ausencia de un sistema de gestión de recursos humanos y maquinas basado en datos desde el inicio de la orden de trabajo hasta la entrega al cliente.

Causa Raíz: Realizar una planificación y seguirla a cabo es complejo ya que debido al entorno industrial suelen presentarse alteraciones debido a problemas técnicos o urgencias de clientes que conllevan a una reestructuración de esa planificación en la cual suelen quedar

brechas en las que se generan los picos de producción

6.2.5. Ishikawa en caso 0624V2

El presente análisis aborda la aplicación del diagrama de Ishikawa (diagrama causa-efecto) para identificar causas raíz de no conformidades en procesos industriales. Se toma como caso de estudio la superficie de corte irregular en un proceso de fabricación (caso 0624V2), estructurando las causas en las categorías 6M: Mano de obra, Método, Máquinas, Materiales, Medio ambiente y Medición. Esta metodología sistemática permite priorizar acciones correctivas en entornos de alta precisión.

Para ello se procede con la siguiente metodología:

I. Definir el problema (Efecto):

   - Formular la no conformidad de forma específica y medible. ”No conformidad por calidad, superficie de corte irregular”.

II. Establecer categorías (6M):

   - Mano de obra:Factores humanos.
   - Método:Procedimientos y estándares.
   - Máquinas:Equipos y parámetros.
   - Materiales:Materias primas.
   - Medio ambiente:Condiciones externas.
   - Medición:Sistemas de control (opcional).

III. Lluvia de ideas de causas:

   - Involucrar equipos multidisciplinarios (ingenieros, operarios, calidad).

- Usar información de técnicas como 5 Porquéspara profundizar.
- Agrupar causas bajo cada categoría 6M.

IV. Validar causalidad:

- Contrastar causas con datos históricos (registros de producción).
- Priorizar mediante análisis estadístico (Pareto).

V. Construir el diagrama:

- Dibujar flecha central horizontal apuntando al problema.
- Derivar 5-6 líneas diagonales (categorías).
- Anotar causas en sub-flechas perpendiculares a cada categoría.

VI. Analizar y actuar:

- Identificar relaciones cruzadas entre categorías.
- Definir acciones correctivas para causas críticas.



Figura 33. *Diagrama de Ishikawa para el caso 0624V2.*
Nota. Imagen elaborada por los autores.

Una vez que se cuenta con el análisis de la situación se procede a definir la causa raíz de la no conformidad como se muestra en la Figura. 33 esto con el fin de evaluar propuestas para resolver y mitigar la situación presentada en la no conformidad.

6.2.6. Propuesta de Mejora:

I. **Estandarización de parámetros y verificación**

- Definir parámetros establecidos para los diferentes cortes enfocándose a proyectos repetitivos.
- Realizar una novedad que permita la trazabilidad de posibles dificultades para llevar el proceso según los protocolos ya establecidos.

II. **Verificación durante y después del proceso**

- Durante el proceso de corte mantener una verificación constante del proceso de corte con el fin de identificar posibles anomalías.

- Generar un control riguroso en el proceso de alistamiento el cual permita generar una alerta de forma oportuna.

III. **Stock de piezas**

- Se acuerda con el cliente generar un stock el cual permite tener una respuesta oportuna en caso de presentar alguna no conformidad en corte así mismo por posibles urgencias en producción del cliente.

- Generar un stock de manera pausada permite aumentar la calidad aplicada al proceso.

6.3. Formato de no conformidad en el proceso de corte

A continuación, se presentarán a los involucrados las actividades propuestas, según corresponda. Estas surgen del diagnóstico realizado y tienen como objetivo estandarizar el control de calidad en el proceso de corte. Posteriormente, serán revisadas para generar retroalimentación crítica, con el fin de realizar los ajustes pertinentes requeridos en las propuestas.

6.3.1. *Implementación de un sistema de registro estructurado*

La empresa en un proceso de mano de la cámara de comercio hace unos años consolido la base de algunos documentos encaminados en la búsqueda de la certificación de la iso 9000 de gestión de calidad, uno de ellos fue el documento de procedimiento de control documental, en el cual se plantea un estándar para la consolidación del documento que facilite el control documental.

En este documento se indica que los documentos del sistema integrado de gestión, como manuales, instructivos, guías, informes, protocolos, programas y formatos, deben elaborarse en tamaño carta, con márgenes normales y utilizando la fuente Century Gothic en tamaño 10. Sin embargo, a pesar de su existencia, estos documentos son poco conocidos entre los colaboradores del proceso.



Figura 34. *Rótulo recomendado según la documentación técnica.*
Nota. Imagen proporcionada por la empresa.

además indica que información debe llevar el encabezado como se muestra en la figura. 34 informacion como código, fecha, versión, reviso y aprobó, este documento plantea códigos dependido del área y el tipo de documento, actualmente existe un formato de no conformidad interno que abarca todos los procesos de la empresa, ya que cuando es externo llegan informes directamente del cliente afectado, con más información técnica sobre la anomalía, entonces se recomienda la implementación de este formato existente figura. 34 para las no conformidades externas e internas

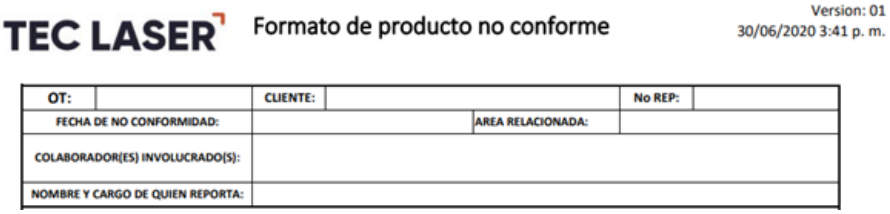
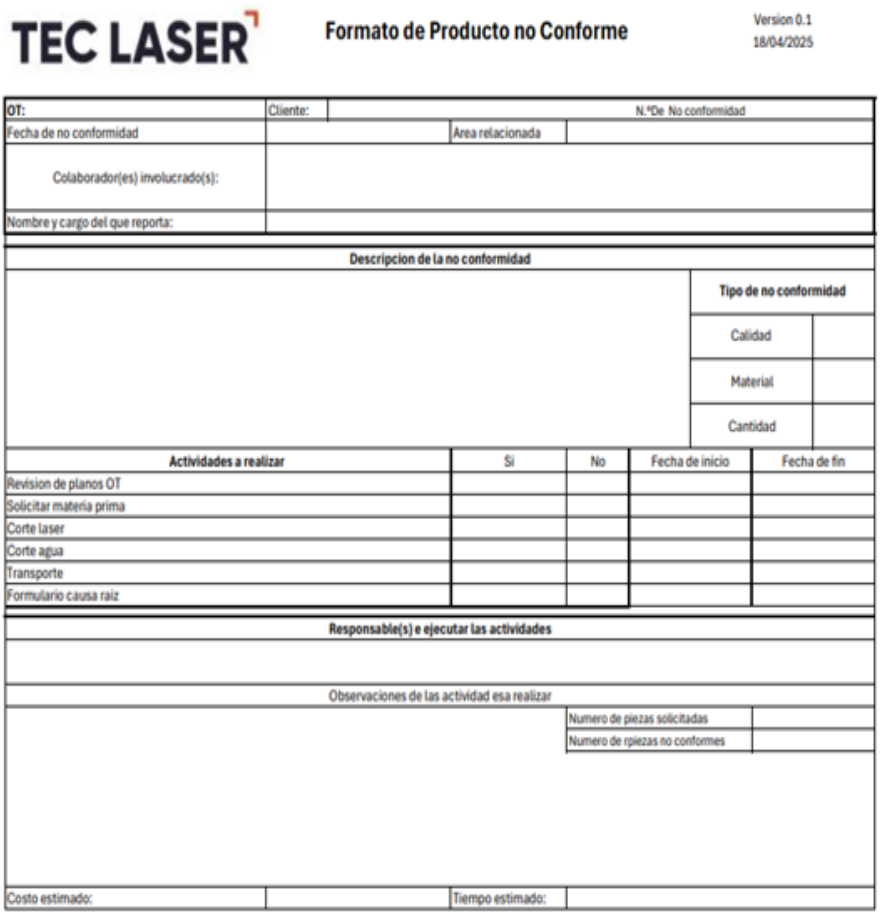


Figura 35. *Referencia del formato de no conformidad.*
Nota. Este formato no maneja el sistema de código debido a que no existe un área de calidad consolidada. El aprobado va al final del formato, siendo el coordinador del SGC y el responsable del proceso quienes llenan estos espacios. Imagen proporcionada por la empresa.

6.3.2. *Generación y Actualización de Documentos.*

Con las modificaciones sugeridas anteriormente, se ha actualizado el documento existente para crear un nuevo formato de no conformidad de producto en el proceso de corte Figura.34 . Se recomienda utilizar este formato de manera interna por operarios y líderes, para registrar las no conformidades, de esta manera, se inicia la recolección de datos internos, lo que permitirá realizar un mejor análisis estadístico y mejorar continuamente el proceso.



TEC LASER

Formato de Producto no Conforme

Version 0.1
18/04/2025

OT:	Cliente:	N.°De No conformidad	
Fecha de no conformidad		Area relacionada	
Colaborador(es) involucrado(s):			
Nombre y cargo del que reporta:			

Descripcion de la no conformidad	Tipo de no conformidad	
	Calidad	
	Material	
	Cantidad	

Actividades a realizar	Si	No	Fecha de inicio	Fecha de fin
Revision de planos OT				
Solicitar materia prima				
Corte laser				
Corte agua				
Transporte				
Formulario causa raiz				

Responsable(s) e ejecutar las actividades		
Observaciones de las actividad esa realizar		
	Numero de piezas solicitadas	
	Numero de rpiezas no conformes	

Costo estimado:		Tiempo estimado:	

Figura 36. *Formato de no conformidad para el área de corte.*
Nota. Imagen elaborada por los autores.

Es muy importante que los datos recopilados en estos formatos se ingresen de manera oportuna y precisa, ya que esto facilita su procesamiento y análisis. Además, es fundamental que el área de aseguramiento sea la encargada de diligenciar estos formatos, ya que su participación garantiza que la información sea confiable y útil para identificar y analizar las no conformidades de manera efectiva. Esto contribuye a mejorar continuamente el proceso y mantener altos estándares de calidad.

Después de que el área de aseguramiento complete el formato, es muy importante que el área de validación actualice las herramientas sugeridas con la información recopilada. Esto asegura que dichas herramientas reflejen la situación real y las mejoras propuestas, permitiendo un seguimiento más efectivo. De esta manera, se mantiene un sistema de gestión de calidad más eficiente y alineado

con los objetivos de la organización, promoviendo una mejora continua y una mayor efectividad en los procesos.

6.3.3. *Documentación y archivo.*

Se sugiere una asignación de un espacio en una base de datos centralizada como Novatec, que permita rastrear incidentes y su evolución en el tiempo, además esto permite tener la información para el análisis estadístico más actualizada con cada incidente facilitando el procesamiento de las no conformidades de una manera las clara y puntual para cada tipo de no conformidad presentada.

6.4. Diseño de herramientas de estandarización

6.4.1. *Capacitaciones en instrumentos de medición y metrologia.*

Se propone implementar capacitaciones de metrología periódicas y especializadas según proyectos, con enfoque en características de interés críticas. El objetivo central es certificar competencias en medición dimensional mediante instrumentos como pie de rey y flexómetro, cumpliendo con ISO 9001:2015, Cláusula 7.2 que exige validar habilidades del personal para asegurar precisión en controles de calidad (ISO 9001, 2015). La estructura propuesta incluye:

Objetivo: Brindar a los empleados conocimientos básicos de metrología y instrumentos de medición para mejorar la precisión, calidad y eficiencia en los procesos de corte.

Contenido propuesto :

Introducción a la metrología

- ¿Qué es la metrología y por qué es importante en el proceso de corte?
- Conceptos básicos: precisión, exactitud, tolerancias.

Instrumentos de medición

- Tipos de instrumentos utilizados en la empresa calibradores y flexometros.

- Cómo seleccionar y usar correctamente cada uno.

Calibración y mantenimiento

- La importancia de calibrar los instrumentos.
- Procedimientos para mantener la precisión de las mediciones

Aplicaciones prácticas

- Cómo medir y verificar las dimensiones de las piezas cortadas.
- Control de calidad en el proceso de corte.

Buenas prácticas y errores comunes

- Consejos para obtener mediciones confiables.
- Cómo evitar errores que puedan afectar la calidad del producto.

Metodología de implementación

- Charlas teóricas cortas y dinámicas de alrededor de 15 a 20 minutos.
- Talleres prácticos pero breves con instrumentos reales para familiarizar al personal con los instrumentos.
- Discusión de casos que sucedieran dentro de la empresa y resolución de dudas.

Procedimiento de verificación de instrumentos de medición. **Objetivo:** Garantizar la confiabilidad de las mediciones en los procesos de corte láser, asegurando la calidad del producto final

Responsables: Jefe de Producción, operarios de las máquinas y auxiliares.

Herramientas de medición:

Pie de rey certificado (herramienta calibrada y con certificación vigente)

Flexómetros sin certificación (se usarán solo para mediciones no críticas)

6.4.2. *Procedimiento de verificación de instrumentos de medición*

El proceso comienza con la preparación de los instrumentos, asegurándose de que el pie de rey certificado tenga la certificación vigente y esté en buen estado, además de limpiar los instrumentos antes de realizar el procedimiento para asegurar las condiciones óptimas para realizar mediciones.

Luego, se realiza una serie de mediciones: con el pie de rey certificado y con uno no certificado, tomando tres mediciones con cada uno en una pieza estándar. Se calcula el promedio de estas mediciones y se determina el margen de error, que debe ser menor a la resolución del instrumento que es de 0.02mm para que pase la verificación.

Lo mismo se aplica al flexómetro, donde se inspecciona visualmente, se extiende y se mide en diferentes puntos, comparando los resultados con una referencia conocida, debido a la falta de certificación en los mismos y teniendo encuentra la resolución de este instrumento que corresponde a 1mm. Todos los resultados se registran cuidadosamente en el formato que se muestra en la Figura 37, incluyendo fecha, responsable y resultados en el siguiente formato sugerido, para mantener un control riguroso y facilitar auditorías internas.

Formato para Registro de Verificación de Instrumentos de Medición										
Fecha	Instrumento	Numero de Serial	Estado Incial	calibrado(Si/No)	Mediciones	Promedio de Mediciones	Error	Observaciones	Responsable	Firma

Figura 37. *Formato para el registro de verificación.*
Nota. Imagen elaborada por los autores.

Si algún instrumento no cumple con los requisitos, debe ser calibrado o reemplazado. Este procedimiento asegura que las mediciones realizadas en el proceso de corte láser sean precisas, contribuyendo a mantener la calidad y eficiencia en la producción.

6.4.3. *Diseño y Documentación de Protocolos de checklist:*

Se plantea elaborar un protocolo que incluirá una serie de listas de verificación checklists con puntos clave para el control de calidad, siguiendo buenas prácticas. El objetivo es contar con una documentación sólida para realizar revisiones sistemáticas de la literatura. Además, este protocolo será validado mediante metodologías de consenso, como el método Delphi, para asegurar su precisión y aceptación entre expertos.

- **Checklist ingreso de material.**

  Con el propósito de garantizar la calidad, trazabilidad y correcto almacenamiento del material entrante en TEC LASER S.A., se genera la propuesta de la Tabla 7.Implementación del checklist de entrada de material. Este instrumento sistematiza la verificación documental y física de cada partida recibida, facilitando la detección temprana de no conformidades y asegurando el cumplimiento de las especificaciones técnicas.

Tabla 7. *Implementación del checklist de entrada de material*

Elemento	Contenido propuesto
Nombre de la actividad	Implementación del checklist de entrada de material.
Objetivo de la actividad	Asegurar que todo material recibido cumpla con los estándares de calidad, trazabilidad y condiciones de almacenamiento antes de su procesamiento.
Responsable de la actividad	Área de Aseguramiento de la Calidad.
Quién la desarrolla	Área de Aseguramiento de la Calidad.
Formato asociado	Checklist de entrada de piezas a almacén.
Modo de desarrollo	El colaborador diligencia el formato al realizar la recepción. Se realiza validación visual, conteo físico y verificación documental según el método indicado en cada ítem del checklist. El responsable de calidad revisa su cumplimiento.
Frecuencia de la actividad	Cada vez que se realiza la entrada de material para procesar.
Instrumentos de medición	Checklist impreso o digital. Validación cruzada con el sistema Novatec y trazabilidad.
Herramientas para el análisis	Sistema Novatec, software de inventario, informes de no conformidades e histórico de entregas.

Nota. Elaboración propia.

Checklist entrada de material					
Nº	Ítem a verificar	Método de verificación	¿Conforme? (Sí / No)		
			Sí	No	Valor
1	Verificación del proveedor (según orden de compra y proveedor aprobado)	Revisión de documento de compra			
2	Validación del tipo de material recibido (tipo, referencia, certificado)	Comparación con especificaciones técnicas			
3	Verificación del espesor y dimensiones del material	Medición con instrumentos calibrados (pie de rey, flexómetro)			
4	Inspección visual del estado del material (oxidación, ralladuras, contaminantes, deformaciones)	Inspección visual detallada y manual			
5	Revisión del número de láminas y coincidencia con orden de compra	Conteo físico y validación contra factura			
6	Validación de certificados de calidad (cuando aplica)	Revisión de documentos adjuntos: certificados de composición, pruebas de fábrica			
7	Registro en sistema de trazabilidad o planilla de ingreso	Carga en software de gestión o ficha de control físico			
8	Clasificación del material (APROBADO / PENDIENTE / NO CONFORME)	Basado en inspección técnica y análisis de documentos			
9	Organizar en estante correspondiente	Basado en distribución de almacenamiento material			
10	Comunicación a compras sobre estado del material	Entrega de acta de ingreso o alerta de no conformidad			
11	Archivo de documentación relacionada	Escaneo y archivo físico/digital			

Figura 38. *Formato para el registro del checklist de entrada de material.*
Nota. Imagen elaborada por los autores.

La aplicación rigurosa del checklist de la Figura 38, fortalece la transparencia y el control en la recepción de materiales, reduciendo riesgos de suministro, mejorando la calidad de los procesos subsiguientes y respaldando la toma de decisiones basada en datos.

- **Checklist ingreso piezas a almacén**

  Como parte del proceso de estandarización de protocolos de control de calidad en el área de corte, se plantea la Tabla 8. Introducción del checklist para ingreso de piezas a almacén. Esta herramienta permitirá llevar un control sistemático sobre aspectos clave como la trazabilidad, el estado físico de las piezas, la correcta identificación y el cumplimiento de los requisitos documentales. El formato será diligenciado por el almacenista, fomentando una cultura de responsabilidad compartida y mejora continua.

Tabla 8. *Introducción del checklist para ingreso de piezas a almacén*

Implementación del checklist de ingreso de piezas a almacén	
Elemento	**Contenido propuesto**
Nombre de la actividad	Implementación de checklist de ingreso de piezas a almacén
Objetivo de la actividad	Asegurar que todas las piezas procesadas cumplan con los estándares de calidad, trazabilidad y condiciones de almacenamiento antes de su recepción formal.
Responsable de la actividad	Líder de área de corte / Coordinador de calidad
Quién la desarrolla	Operarios de corte / Personal de apoyo en logística y calidad
Formato asociado	Checklist entrada piezas a almacén (ver imagen: 9 ítems)
Modo de desarrollo	El operario diligencia el formato al finalizar el proceso de corte. Se realiza validación visual, conteo físico y verificación documental según el método indicado en cada ítem del checklist. El responsable de calidad revisa su cumplimiento.
Frecuencia de la actividad	Cada vez que se realiza entrega de piezas al almacén
Instrumentos de medición	Checklist impreso o digital. Validación cruzada con sistema Novatec y trazabilidad.
Herramientas para el análisis	Sistema Novatec, software de inventario, informes de no conformidades, histórico de entregas.
Resultado final de la actividad	Registro validado de ingreso de piezas conforme, identificación temprana de errores o defectos, retroalimentación al proceso de corte.

Checklist entrada piezas a almacén					
Nº	**Ítem a verificar**	**Método de verificación**	**¿Conforme? (Sí / No)**		
			Sí	**No**	**Valor**
1	Verificación de la orden de trabajo y número de lote	Validación en sistema de gestión o físico			
2	Confirmación del número de piezas entregadas vs listado	Conteo físico + documento de entrega			
3	Inspección visual del estado físico de las piezas (daños, contaminaciones, rebabas, etc.)	Inspección visual con guantes y luz adecuada			
4	Verificación de empaque o contenedor adecuado para manipulación y almacenamiento	Validación visual			
5	Confirmación de etiquetas de identificación (lote, cliente, material, referencia)	Revisión directa de la etiqueta y trazabilidad			
6	Registro de ingreso en sistema	Registro en software de inventario			
7	Ubicación en estantería o zona asignada	Acorde al plano de distribución del almacén			
8	Actualización de orden de trabajo ingreso a almacén	Sistema Novatec			
9	Comunicación al área de logística o despacho	Aviso sistema interno			

Figura 39. *Formato para registro de checklist de entrada de piezas.*
Nota. Imagen de elaboración propia.

La inclusión del checklist propuesto en la Figura 39 dentro de las rutinas operativas representa un paso fundamental hacia la consolidación de estándares de calidad en la empresa. Su uso constante permitirá detectar de manera oportuna posibles fallos en el proceso de corte, evitar reprocesos innecesarios y garantizar que solo piezas conformes ingresen al almacén. Además, servirá como insumo para auditorías internas, toma de decisiones y capacitaciones futuras del personal involucrado en el proceso productivo.

- **Checklist proceso de corte**

Para garantizar la estandarización y sistematización del control de calidad en el proceso de corte en TEC LASER S.A. se define Tabla 9. Implementación de checklist en el proceso de corte, el cual la Figura 40 y Figura 42 presentan el checklist para la etapa de precorte para corte por agua y láser respectivamente, es decir, antes de ejecutar la orden de trabajo.

Por otra parte, en la etapa pos corte se presentan los checklist de la Figura 41 y Figura 43 para corte por agua y láser respectivamente . Cada uno de estos formatos permite supervisar y documentar de manera estructurada las distintas fases —desde la preparación de la máquina hasta la recepción de las piezas en almacén— asegurando trazabilidad, consistencia en los parámetros operativos y detección temprana de no conformidades.

En el checklist de pos-corte láser , Figura 40, se incorpora la evaluación de ausencia de rebabas mediante inspección visual y prueba táctil, siguiendo los criterios de ISO 9013:2017, Sección 7.2.1. Esta verificación garantiza que solo se acepten piezas sin rebabas adherentes (Tipo 3), alineando el proceso con estándares internacionales de calidad (ISO 9013,2017).

Tabla 9. *Implementación de checklist en el proceso de corte*

Implementación de checklist en el proceso de corte	
Elemento	**Contenido propuesto**
Nombre de la actividad	Implementación de formato de checklist para proceso pre y pos corte en láser y chorro de agua
Objetivo de la actividad	Verificar y asegurar las condiciones óptimas del material, máquina y parámetros técnicos antes del inicio del proceso de corte.
Responsable de la actividad	Jefe de Producción
Quién la desarrolla	Operarios de corte
Checklist asociados	Pre-corte proceso de agua, pos-corte proceso de agua, pre-corte proceso de láser, pos-corte proceso de láser.
Descripción del desarrollo	El operario deberá revisar cada ítem indicado en el checklist antes o después, según corresponda, de iniciar el corte. Se validan aspectos del material, estado de los componentes críticos, medidas de seguridad y parámetros técnicos del programa.
Instrumentos de apoyo	Lupa de inspección, herramientas de metrología, sistema Novatec
Frecuencia	Obligatoria antes de cada jornada de corte o cambio de orden de trabajo
Herramientas de análisis	Supervisión directa, revisión cruzada con líder de calidad, revisión documental
Resultado esperado	Validación completa y conforme de condiciones iniciales, asegurando la calidad del producto final y la vida útil del equipo

Nota. Elaboración propia.

Checklist pre corte proceso de agua				
Nº	Ítem a verificar	Método de verificación	¿Conforme?	
			Sí	No
1	Verificación del material (tipo, lote y espesor)	Inspección visual + metrología		
2	Revisión del montaje del material en la mesa	Inspección visual y nivelación con herramientas		
3	Confirmación del programa de corte (código CNC)	Validación en software CAM		
4	Comprobación de parámetros ajustados según material (presión, velocidad, abrasivo, perforación)	Configuración técnica en panel de control		
5	Inspección visual del estado de la boquilla y del zafiro	Lupa de inspección / checklist técnica		
6	Verificación de la tolva de abrasivo (nivel mínimo adecuado)	Indicador visual		
7	Revisión de posibles fugas de agua en la máquina	Inspección visual y sonora		
8	Validación de las medidas de seguridad activas	Confirmación de sensores, freno de emergencia, EPP		
9	Corte de una pieza para verificación geométrica y acabado de corte	Inspección visual + metrología		

Figura 40. *Formato para registro de checklist de pre corte agua.*
Nota. Imagen de elaboración propia.

Checklist pos corte proceso de agua				
Nº	**Ítem a verificar**	**Método de verificación**	**¿Conforme?**	
			Sí	**No**
1	Verificación de la conformidad dimensional de una muestra aleatoria	Pie de rey, flexómetro		
2	Control del acabado superficial (rugosidad del canto)	Inspección visual		
3	Validación de geometría (perforaciones y formas internas)	Comparación con plano de pieza		
4	Revisión de contaminación (rebabas, residuos de abrasivo)	Limpieza visual y tacto		
5	Registro fotográfico de piezas críticas	Cámara y registro de novedades en orden		
6	Registro de piezas no conformes (si aplica)	Registro de novedades en orden		
7	Reporte de incidencias y retroalimentación (si aplica)	Registro de novedades en orden		

Figura 41. *Formato para registro de checklist de pos corte agua.*
Nota. Imagen de elaboración propia.

Checklist pre corte proceso de láser				
Nº	**Ítem a verificar**	**Método de verificación**	**¿Conforme?**	
			Sí	**No**
1	Verificación del material (tipo, lote y espesor)	Inspección visual + metrología		
2	Revisión del montaje y alineación del material en la mesa de corte	Inspección visual y medición		
3	Confirmación del programa de corte (código CNC)	Validación en sistema CAM		
4	Ajuste de parámetros: potencia, velocidad, tipo de gas auxiliar y altura de enfoque	Configuración técnica en panel de control		
5	Verificación del punto focal y limpieza de lentes / espejos o cabezal	Herramienta de calibración óptica		
6	Comprobación del estado de la boquilla y boquilla de gas	Revisión visual y manual		
7	Comprobación del sistema de refrigeración	Encendido y funcionamiento del sistema		
8	Confirmación de medidas de seguridad: sensores, freno de emergencia, uso de EPP	Verificación manual		
9	Corte de una pieza para verificación geométrica y acabado de corte	Inspección visual + metrología		

Figura 42. *Formato para registro de checklist de pre corte láser.*
Nota. Imagen de elaboración propia.

Checklist pos corte proceso de láser				
Nº	Ítem a verificar	Método de verificación	¿Conforme?	
			Sí	No
1	Verificación de conformidad dimensional de una muestra alcatoria	Pie de rey, flexómetro		
2	Control del acabado del canto (brillante, sin rebabas)	Inspección visual + contacto manual		
3	Evaluación de la geometría y exactitud del contorno	Comprobación con plano de pieza		
4	Revisión de contaminación superficial (óxidos, quemaduras, escoria)	Inspección visual		
5	Registro fotográfico de piezas críticas o de cliente clave	Cámara + registro de novedades en orden de trabajo		
6	Clasificación y registro de piezas no conformes (si aplica)	Inspección visual		
7	Retroalimentación del operario en caso de errores recurrentes	Registro de novedades en orden de trabajo		

Figura 43. *Formato para registro de checklist de pos corte láser.*
Nota. Imagen de elaboración propia.

La ejecución sistemática de estos cuatro checklists permitirá reforzar la cultura de calidad y trazabilidad en TEC LASER S.A., facilitando la detección de oportunidades de mejora, la toma de decisiones basadas en datos y el cumplimiento de los requisitos del cliente.

6.5. Definición de parámetros técnicos y gestión digital

Con el objetivo de reducir errores operativos, reprocesos y variaciones en la calidad del corte, como se presenta en la Tabla 10. Se propone la estandarización de los parámetros técnicos por tipo de material y espesor. Esta actividad busca proporcionar a los operarios una guía clara y accesible para la correcta configuración de las máquinas de corte, ya sean de tecnología láser o chorro de agua. La herramienta central será la Tabla 11. Que condensa los valores óptimos de potencia o presión, velocidad, tipo de gas auxiliar y posición del punto focal, todo ello definido con base en la experiencia operativa de la empresa y las especificaciones técnicas de los equipos.

Tabla 10. *Introducción para la definición de parámetros técnicos.*

Definición de parámetros técnicos y gestión digital	
Elemento	**Descripción de la actividad**
Nombre de la actividad	Definición de parámetros técnicos y gestión digital
Objetivo de la actividad	Establecer una tabla estandarizada para que los operarios configuren correctamente la máquina de corte (láser o agua) según el tipo de material y espesor solicitado.
Responsable de la actividad	Jefe de Producción / Operarios
Ejecutores de la actividad	Operarios de máquinas de corte
Frecuencia	Antes de iniciar cada orden de trabajo
Instrumentos / formatos	Tabla digital y física de parámetros técnicos (accesible desde software o físico en planta)
Instructivo	1. Identificar el tipo de material y espesor según la OT. 2. Consultar la tabla de parámetros. 3. Ajustar la máquina según valores indicados. 4. Registrar ajustes.
Herramientas de análisis	Verificación por ensayo de corte, retroalimentación del operario, tiempos y calidad obtenida.
Resultado esperado	Disminución de errores de programación, reducción de reprocesos, uniformidad en los cortes y mejora en la trazabilidad técnica.

Nota. Elaboración propia.

Tabla 11. *Tabla técnica estandarizada por material*

Tabla técnica estandarizada por material						
Material	**Espesor (mm)**	**Tecnología**	**Potencia / Presión**	**Vel. corte (mm/min)**	**Gas auxiliar (tipo y presión)**	**Punto focal (mm)**
Acero al carbono	1.5	Láser fibra	800 W	2500	Nitrógeno – 12 bar	-1.5
Acero al carbono	6.0	Láser fibra	3000 W	900	Oxígeno – 6 bar	-2.0
Acero inoxidable	3.0	Láser fibra	2000 W	1500	Nitrógeno – 14 bar	-1.5
Aluminio	2.0	Láser fibra	2000 W	1800	Nitrógeno – 15 bar	-1.0
Acero al carbono	10.0	Chorro de agua	3500 bar	150	—	—
Aluminio	15.0	Chorro de agua	4000 bar	100	—	—

Nota. Elaboración propia.

La implementación de esta tabla estandarizada, junto con su integración en el flujo operativo digital y físico, permitirá mejorar la trazabilidad del proceso y garantizar uniformidad en los resultados del corte. Además, contribuirá al empoderamiento técnico del operario al facilitarle criterios objetivos para la configuración inicial. Esta acción, combinada con un sistema de retroalimentación continua, se convierte en una herramienta clave para la consolidación del control de calidad en Tec Laser.

Tabla 12. *Asignación de máquinas según tipo de material y espesor*

Asignación de máquinas						
Material	**Espesor (mm)**	**Fibra 1 (DNE 1530)**	**Fibra 2 (LEA DSE3015)**	**Bystar 1 (BTL 3500)**	**Bystar 2 (BYLA-SER 3015)**	**Byjet (BYJET 3015)**
CR	0,5 – 2,5	X				
HR	1,9 – 15	X	X			
	15 – 50			X		
Aluminio	0,5 – 4	X				
	4 – 50					X
Bronce	0,3 – 3	X				
	3 – 50					X
Galvanizado	0,45 – 3	X				
Fleje	0,1 – 3	X				
Inox	0,7 – 9	X				
304-316	9 – 50			X		
Acrílico	2 – 50					X
Policarbonato	2 – 50					X
Cauchos	2 – 50					X
Plásticos	2 – 50					X

Nota. Elaboración propia.

Se evidencia la necesidad del desarrollo de una tabla que sea de guía para direccionar y asignar los materiales según su espesor al centro de corte que los procesará de manera que se busca estandarizar el proceso de transformación, por lo cual se presenta la Tabla 12. Asignación de máquinas según tipo de material y espesor.

6.6. Integración de datos documentales y prácticas operativas

6.6.1. *Sinergia entre documentación y ejecución*

- Establecer una estrecha coordinación entre las áreas de documentación y las operativas, asegurando que los registros reflejen con precisión la ejecución del proceso.
- Implementar un sistema de doble verificación en el que tanto el operario como el supervisor validen las especificaciones y la cantidad de piezas a cortar, especialmente en proyectos de magnitud considerable.

6.6.2. *Revisión periódica y ajuste de procesos*

- Realizar reuniones de seguimiento para revisar los informes de calidad y comparar la documentación con las prácticas operativas, permitiendo ajustes inmediatos y preventivos.

6.7. Monitoreo y evaluación constante del proceso

Implementación de KPIs Clave: Los KPI, que en inglés significa ”Key Performance Indicators.º Ïndicadores Clave de Desempeño”, son métricas o medidas que las organizaciones utilizan para evaluar y monitorear el progreso hacia sus objetivos específicos. En otras palabras, los KPI ayudan a entender qué tan bien está funcionando un proceso, un equipo o toda la empresa en relación con sus metas establecidas, se proponen los siguientes KPI para el proceso de control de calidad del proceso de corte.

6.7.1. *Tasa de piezas con reprocesos mensuales*

- Fórmula: (Número de piezas reprocesadas / Total de piezas producidas).

El número de piezas reprocesadas y las piezas total producidas son valores que se deben diligenciar en el formato de no conformidad, esto para los casos donde se necesite un reproceso, cuando no son los valores operativos que son proporcionados a la operación.

6.7.2. *Tiempo promedio de identificación de no conformidades*

- Fórmula: Tiempo transcurrido desde la detección hasta la asignación de acciones correctivas.

El formato de no conformidad tiene un espacio para diligenciar un tiempo estimado que se cree pertinente para las actividades que involucra el reproceso, pero el tiempo que transcurre entre la detección hasta la asignación puede variar según el flujo de trabajo, pero si nos sirviera estos datos para saber el promedio de la ejecución de las acciones correctivas del reproceso

6.7.3. *Cumplimiento de parámetros técnicos:*

- Fórmula: (Número de cortes dentro de especificaciones / Total de cortes) × 100.

En la orden de trabajo se encuentra la especificación de las piezas necesaria o solicitadas, cuando se presenta una no conformidad, este valor ya no es el mismo a el total de cortes, porque se asume que en la no conformidad va un reproceso lo que aumentará el valor final y este estará registrado en el formato de no conformidad interno.

7. Ajustes proyectados a la propuesta

Tras la socialización de las actividades propuestas con los equipos involucrados (operarios, supervisores, área de calidad y gerencia), la empresa TEC LASER S.A. validó que el enfoque metodológico y los documentos desarrollados cumplen con los objetivos de estandarización del control de calidad en el proceso de corte. Se confirmó la viabilidad de los protocolos, checklist y flujos de trabajo diseñados, destacando su alineación con los principios de la norma ISO 9001:2015 y su potencial para reducir no conformidades. No obstante, se identificó un ajuste crítico en el Formato de Producto No Conforme (Figura 36), solicitado por los actores operativos:

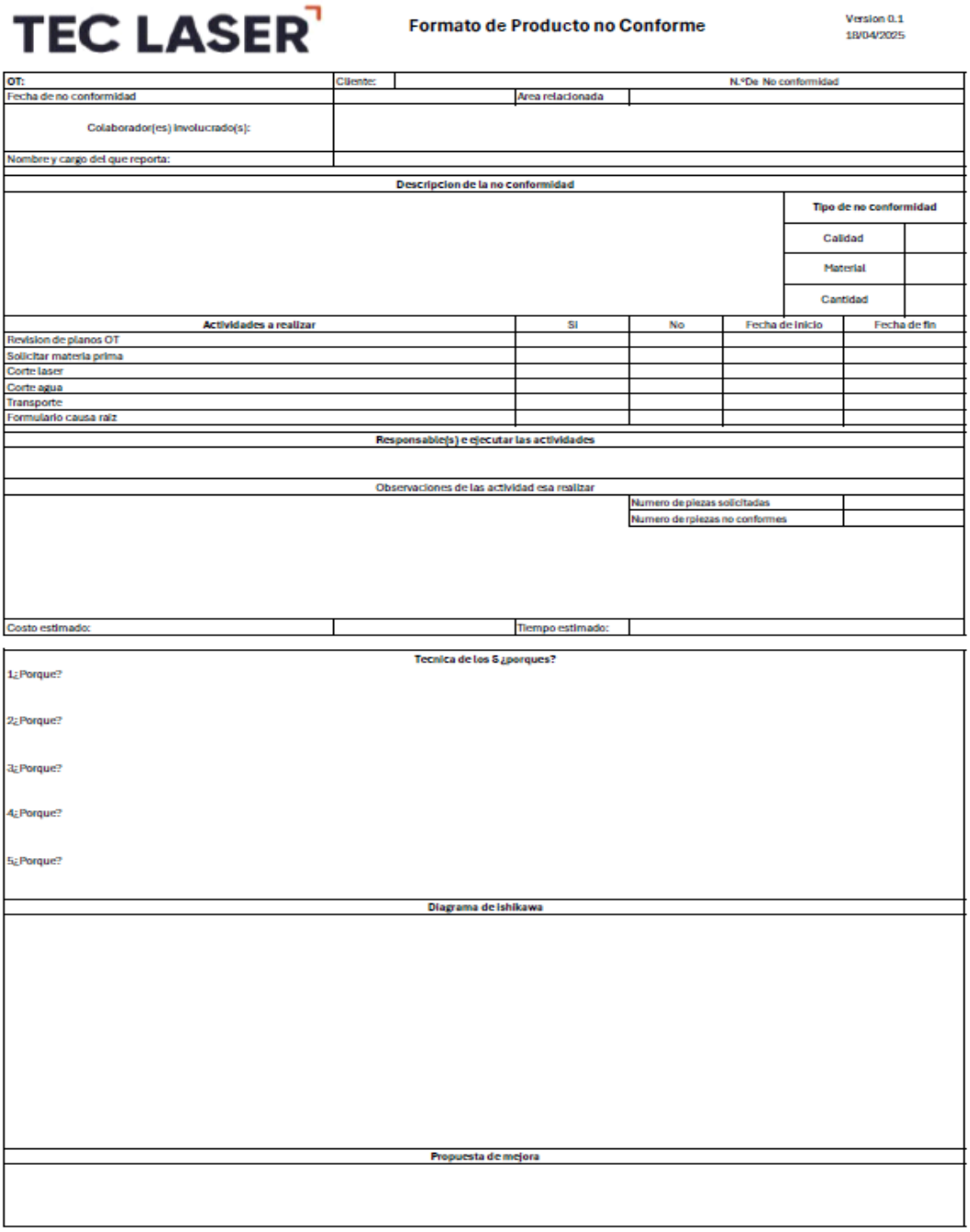
Ajuste Clave: Integración del Análisis Individual de No Conformidades

La empresa requirió incorporar en el formato de registro de no conformidades Figura 36 un apartado específico para documentar el análisis causal detallado mediante la técnica de 5 Porqués, aplicando acciones correctivas para fallas sistémicas en 24 horas. Esta propuesta se alinea explícitamente con ISO 9001:2015, Cláusula 10.2. Este ajuste busca:

- Evitar recurrencia: Documentar causas raíz y acciones correctivas específicas.
- Agilizar la toma de decisiones: Vincular directamente el diagnóstico con soluciones.
- Fortalecer la mejora continua: Generar insumos para capacitaciones y optimización de protocolos.

La actualización del formato incluye tres nuevos campos:

- Análisis mediante 5 Porqués: Espacio estructurado para aplicar la técnica de causa-raíz.
- Diagrama de Ishikawa: Sección para esquematizar categorías de causas (Método, Máquina, Mano de Obra, Material, Medición).
- Propuesta de Mejora: Área para acciones correctivas y preventivas específicas.



TEC LASER

Formato de Producto no Conforme

Version 0.1
18/04/2025

OT:	Cliente:	N.°De No conformidad	
Fecha de no conformidad		Area relacionada	
Colaborador(es) involucrado(s):			
Nombre y cargo del que reporta:			

Descripcion de la no conformidad

Tipo de no conformidad	
Calidad	
Material	
Cantidad	

Actividades a realizar	SI	No	Fecha de inicio	Fecha de fin
Revision de planos OT				
Solicitar materia prima				
Corte laser				
Corte agua				
Transporte				
Formulario causa raiz				

Responsable(s) e ejecutar las actividades

Observaciones de las actividad esa realizar

Numero de piezas solicitadas	
Numero de piezas no conformes	

Costo estimado:		Tiempo estimado:	

Tecnica de los 5 ¿porques?

1¿Porque?

2¿Porque?

3¿Porque?

4¿Porque?

5¿Porque?

Diagrama de Ishikawa

Propuesta de mejora

Figura 44. *Formato de Producto No Conforme Actualizado* .
Nota. Imagen de elaboración propia.

en la Figura 44 se presenta el formato de no conformidad interno actualizado con las observaciones recibidas con su respectivo espacios para aplicación de técnica de 5 porqués, diagrama de ishikawa y acciones de mejora propuesta

Impacto del Ajuste en la Estandarización

La integración de estas herramientas en el formato de no conformidad:

Optimiza la trazabilidad: Vincula cada defecto con su análisis y solución, facilitando auditorías.

Empodera a los operarios: Guía metodológica clara para abordar problemas sin depender de niveles jerárquicos.

Alimenta el sistema de mejora continua: Los datos recopilados serán la base para actualizar protocolos y capacitaciones.

Este ajuste refuerza el cumplimiento de estandarizar el control de calidad, asegurando que el sistema no solo identifique fallas, sino que también genere aprendizaje organizacional.

La retroalimentación de los equipos operativos fue fundamental para refinar la estandarización. La versión final de los documentos (validada con el ajuste del Formato 36) garantiza que el sistema de control de calidad sea aplicable, intuitivo y sostenible, sentando las bases para la certificación ISO 9001 y la reducción de costos por no conformidades.

8. Conclusiones

La estandarización se basa en el enfoque a procesos, dado que busca uniformar y controlar el proceso de corte. También incorpora la toma de decisiones basada en evidencia, al fundamentarse en el diagnóstico de no conformidades y análisis de indicadores.

La estandarización del control de calidad en el proceso de corte de la empresa TEC LASER S.A. permitió identificar de manera precisa los factores técnicos y operativos que impactan la generación de no conformidades. A través del diagnóstico realizado, se evidenciaron fallas recurrentes en la documentación, el registro de procesos y la ejecución de actividades críticas, lo cual afecta negativamente la eficiencia, la trazabilidad y la satisfacción del cliente.

La implementación de herramientas como diagramas de causa raíz, análisis de Pareto, checklist estandarizados y formatos de seguimiento, fortaleció la estructura de control de calidad, aportando un marco claro para la detección y corrección de desviaciones. Estas acciones, combinadas con una adecuada caracterización del personal, los equipos y los materiales, permitieron sentar las bases para un sistema de calidad robusto, alineado con los principios de la norma ISO 9001:2015.

Asimismo, el enfoque metodológico adoptado demostró que es posible integrar procesos técnicos con buenas prácticas de gestión, promoviendo una cultura organizacional orientada a la mejora continua. La capacitación del personal y la sistematización de procedimientos fueron factores clave para garantizar la sostenibilidad del sistema propuesto.

En síntesis, la propuesta desarrollada no solo ofrece una solución viable para la reducción de no conformidades en el proceso de corte, sino que también constituye un modelo replicable en otras áreas de la empresa, contribuyendo al fortalecimiento global del sistema de gestión de calidad de TEC LASER S.A.

Referencias bibliográficas

Corte por chorro de agua [Referencia de imagen]. (s.f.).

Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4.ª ed.). SAGE Publications.

Crosby, P. B. (1979). *Quality is free: The art of making quality certain*. McGraw-Hill. https://archive.org/details/qualityisfree00cros

Davis, D. (2005). *Process mapping and analysis: The basics*. Productivity Press.

Deming, W. E. (1986). *Out of the crisis*. MIT Center for Advanced Educational Services. https://romhub.io/EBOOK/.../Deming,%20W.%20Edwards%20-%20Out%20of%20the%20Crisis-MIT%20Press%20(2011).pdf

Díaz, J., Hernández, M., & Rodríguez, L. (2018). *Análisis de la eficacia del corte por láser en materiales compuestos* [Trabajo de fin de grado]. Universidad Autónoma de Occidente [Recuperado de Red UAO]. https://red.uao.edu.co/server/api/core/bitstreams/73e3394e-826d-4d0e-a9b3-eb52eed8de54/content

EFQM. (2013). The EFQM Excellence Model: A common language for business excellence.

Flores, P. (2022). *Caracterización y estudio de optimización de parámetros de corte en máquina de corte por chorro de agua con abrasivo* [Tesis de maestría]. Universidad de Sevilla. https://idus.us.es/handle/11441/140537

Gamarra, E. (2020). Estandarización de procesos y su influencia con la gestión de cobranza de la empresa EOS S. A., Pasco. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/12125/2/IV_FIN_114_TE_Gamarra_Trujillo_2022.pdf

González Álvarez, L. (2018). *Optimización de parámetros en corte por láser* [Trabajo de fin de máster]. Universidad de Extremadura. https://dehesa.unex.es/bitstream/10662/8397/1/TFMUEX_2018_Gonzalez_Alvarez.pdf

International Organization for Standardization. (1994). ISO 9013: Thermal cutting — Classification of thermal cuts. https://www.iso.org/standard/34459.html

International Organization for Standardization. (2015). ISO 9001:2015 Quality management systems — Requirements. https://repositorio.buap.mx/rcontraloria/public/inf_public/2019/0/NOM_ISO_9001-2015.pdf

Ishikawa, K. (1982). *Guide to Quality Control* (Second Revised English Edition). Asian Productivity Organization.

Jakobsson, F. (2022). *Development of Strategies for Ultrasonic Assisted Machining of Titanium Alloy Ti6Al4V* [Tesis de maestría]. Universidad de Halmstad. https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1655561

Juran, J. M. (1988). *Juran on planning for quality*. Free Press. https://archive.org/details/juranonplanningf0000jura

Liu, X., Zhang, Y., & Wang, Z. (2022). Research Progress in Abrasive Water Jet Processing Technology. *Micromachines*, *14*(8), 1526. https://doi.org/10.3390/mi14081526

Natarajan, Y., Murugesan, P. K., Mohan, M., & Khan, S. A. L. A. (2020). Abrasive water jet machining process: A state of art of review. *Journal of Manufacturing Processes*, *49*, 271-322.

Oakland, J. S. (2014). *Total quality management and operational excellence: Text with cases*. Routledge. https://procesodenegocio2018.files.wordpress.com/2018/10/total-quality-management-and-operational-excellence.pdf

Okoli, C., & Pawlowski, S. D. (2004). The Delphi method as a research tool: An example, design considerations and applications. *Information & Management*, *42*(1), 15-29. https://doi.org/10.1016/j.im.2003.11.002

Pyzdek, T., & Keller, P. (2014). *The Six Sigma handbook* (4.ª ed.). McGraw-Hill Education. https://www.mheducation.com/highered/product/six-sigma-handbook-pyzdek-keller/M9780071809309.html

Robles, M., & Rojas, J. (2008). Implementación de los instructivos para el control de calidad de la unidad metalmecánica [Trabajo de fin de grado, Universidad Autónoma de Occidente]. https://red.uao.edu.co/server/api/core/bitstreams/263b092e-af8b-439a-9e85-bffb5a181620/content

SAGAON TECH. (2024). *Láser fibra vs láser CO_2: ¿cuál es mejor?* [Consultado el 10 de junio de 2024]. Consultado el 10 de junio de 2024, desde https://www.sagaon.tech/blogs/academia/fibra-vs-co2

Trotec Laser. (n.d.). *Potencia láser óptima para diferentes materiales* [Recuperado el 23 de junio de 2025]. https://www.troteclaser.com/es-co/ayuda-y-asistencia/faqs/potencia-laser-optima

Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. (2018). *Aplicación del control de calidad en el proceso de fabricación de estructuras metálicas en Castro Contratistas Ingenieros S.A.C.* [Consultado el 1 de julio de 2025]. http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1774/1/T026_46295705_T.pdf

Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation*. Free Press. https://www.simonandschuster.com/books/Lean-Thinking/Jon-Paul-Womack/9780743249270

Yin, R. K. (2014). *Case study research: Design and methods* (5.ª ed.). SAGE Publications.

TEC LASER	PROCEDIMIENTO DE CONTROL DOCUMENTAL	CODIGO	HSEQ-PRO01
		FECHA	11/05/22
		VERSIÓN	0
		REVISÓ	
		APROBÓ	

TABLA DE CONTENIDO

1. OBJETIVO 2
2. ALCANCE 2
3. DEFINICIONES 2
4. RESPONSABILIDADES 3
4.1. Dirección de HSEQ 3
5. PROCEDIMIENTO CONTROL DE DOCUMENTOS INTERNOS 4
5.1. Normalización de documentos 4
5.1.1. Cuerpo del documento 4
5.1.2. Encabezado 4
5.1.3. Codificación: 5
5.1.4. Versiones 6
5.1.5. Ruta de Archivo 6
5.2. Control de documentos 7
5.2.1. Identificación de Necesidad de Crear o Modificar Documentos 7
5.2.2. Elaboración o Modificación del Documento 7
5.2.3. Aprobación de los Documentos 8
5.2.4. Difusión o Distribución 8
5.2.5. Control de Documentos 9
5.2.6. Revisión de los Documentos 10
5.2.7. Almacenamiento 10
6. CONTROL DE DOCUMENTOS OBSOLETOS 10
7. CONTROL DE DOCUMENTOS EXTERNOS 11
8. ANEXOS 11

1. OBJETIVO

Establecer el procedimiento para controlar la elaboración, revisión, aprobación, distribución y cambios en los documentos y registros que se originan en el Sistema Integrado de Gestión de TEC LASER S.A.

2. ALCANCE

Se aplica a todos los documentos y registros tanto internos como externos del Sistema de Gestión de la empresa, tales como: programas, planes, manuales, instructivos, procedimientos y formatos, entre otros. Igualmente, documentos o registros obtenidos externamente que sean necesarios para el desarrollo del Sistema.

3. DEFINICIONES

- **Copia Controlada:** Es la reproducción autorizada de un documento, por parte de la Organización, cuya circulación es verificada por medio de registros para de este modo recogerla, corregirla y actualizarla cuando haya lugar a cambios o modificaciones. Cabe aclarar que no puede reproducirse parcial ni totalmente sin autorización de la Organización. Los documentos de la Organización tendrán la frase "Copia Controlada" en el pie de página de cada hoja, en letra Century Gothic, tamaño 10 y con negrilla, con alineación centrada.

- **Copia no controlada:** Corresponde a copias de documentos no reconocidas o registradas, se consideran no oficiales, no requieren de firmas, y su contenido es meramente informativo.

- **Documento:** Registro de información producida o recibida por una entidad pública o privada en razón de sus funciones.

- **Documento Externo:** Documento producido por una entidad distinta a la Organización, que afecta al Sistema Integrado de Gestión, o bien, los documentos producidos por una institución diferente a la que lo aplica, se encuentra registrado en un Listado Maestro de Documentos Externos y se convierte automáticamente

en Documento de Apoyo. Dichos documentos pueden ser Normas, Leyes, Acuerdos, decretos, Resoluciones, Manuales, entre otros.

- **Documento Interno:** Documento generado por la Organización en cumplimiento de las normas ISO 9001, ISO 18001, ISO 14001, Guia RUC, tales como Manuales, Procedimientos, Procesos, Programas, Guías, Instructivos, Directrices, Formatos, Informes, entre otros.

- **Documento Obsoleto:** Documento que ha perdido vigencia ya sea porque una norma lo modifica o porque el proceso responsable determina que ya no debe ser utilizado. Estos documentos deben ser recogidos por el responsable del proceso, y se conservara el documento original en digital dentro de la carpeta "Obsoletos".

- **Formato:** Documento de texto homogéneo que se puede encontrar en forma digital o impresa que se diligencia para dar lugar a un Registro.

- **Legibilidad:** Los documentos del Sistema Integrado de Gestión de Calidad son legibles porque se encuentran elaborados bajo parámetros que permiten un fácil acceso a su información, sea que se encuentren impresos o digitales.

- **Lugar de almacenamiento:** Requisito del Procedimiento Control de Registros en el cual se debe señalar el lugar donde reposa el documento de tal manera que sea verificable de manera física o digital de acuerdo a los Formatos establecidos, para la identificación de los archivadores y muebles de archivo.

- **Medio de Almacenamiento:** Para los documentos del Sistema Integrado de Gestión, el almacenamiento puede ser digital o impreso, digital cuando se encuentre en un sistema e impreso cuando se encuentre almacenado bajo los parámetros definidos por los procesos.

- **Registro:** Formato diligenciado que evidencia resultados obtenidos de actividades realizadas por un trabajador o Proceso de la Organización.

4. RESPONSABILIDADES

4.1. Dirección de HSEQ

- Mantener y actualizar el listado maestro de documentos y registros asociados al Sistema Integrado de Gestión (ISO 9001, ISO 45001, ISO 14001), realizar el control de cambios y revisiones de los documentos.
- Almacenar los registros garantizando su adecuada protección.
- Dar disposición de los documentos y registros de acuerdo con lo establecido en el presente procedimiento.

5. PROCEDIMIENTO CONTROL DE DOCUMENTOS INTERNOS

5.1. Normalización de documentos

5.1.1. Cuerpo del documento

Los documentos del Sistema Integrado de Gestión, tales como Manuales, Instructivos, Guías, Informes, Protocolos, Programas y formatos se deben elaborar en tamaño carta, con márgenes Normal y fuente tipográfica Century Gothic tamaño 10 y los siguientes elementos. Para realizar el cuerpo de los documentos se tendrá en cuenta la siguiente información y en el siguiente orden:

- **Objetivo:** Define sin ambigüedad el tema y el propósito del procedimiento. Sirve también para completar la información al título.

- **Alcance**: Su propósito es establecer los límites de aplicabilidad de los documentos del Sistema de Gestión de Calidad.

- **Definiciones**: Contiene la lista de términos técnicos con sus definiciones y la equivalencia de palabras y abreviaturas que se emplean en el procedimiento y se consideran convenientes incluir para una mejor interpretación del mismo.

- **Responsabilidades:** Contiene los nombres de los cargos a los cuales se les asigna responsabilidades dentro del documento.

- **Desarrollo del documento**: Se realiza una descripción detallada en párrafo, de las actividades a realizar, asociando el responsable de la misma. De considerarse necesario, contendrá flujo gramas o diagramas aclaratorios.

- **Anexos:** Formatos nombrados dentro del documento que se adjuntan al final.

5.1.2.Encabezado

El encabezado de los documentos del Sistema Integrado de Gestión se encuentra en todas las hojas que conforman el documento, deben estar registrados en fuente tipográfica Century Gothic tamaño 10 y contienen al extremo izquierdo el logo de la Organización, en el centro el nombre del documento y en el extremo derecho, el código, la fecha de entrada en vigencia del documento (dd/mm/aa), la versión del documento, el Reviso y Aprobó.

NOTA: Dado el tamaño variable de los formatos de la Organización, no se estipula un tamaño exacto de encabezado, pero se debe respetar los requerimientos mencionados anteriormente.

TEC LASER INGENIERÍA DE DISEÑO, FABRICACIÓN DE ALTA PRECISIÓN.	NOMBRE DEL DOCUMENTO	CÓDIGO	
		FECHA	
		VERSIÓN	
		REVISÓ	
		APROBÓ	

5.1.3.Codificación:

La codificación de documentos emitidos será realizada por la Dirección de Mejoramiento según el siguiente criterio:

Estructura del Sistema de Gestión	**Código**
Proceso Gestión estratégica	GES
Proceso Comercial	COM
Proceso Desarrollo de producto	I+D
Proceso Aseguramiento	ASE
Proceso Producción	PRO
Proceso Administrativo	ADM
Proceso Gestión Humana	GHU
Proceso HSEQ	HSE

Tipo de Documento	Abreviatura
Política	POL
Norma	NOR
Guía	GUI
Manual	MAN
Instructivo	INS
Programa	PRG
Procedimiento/Protocolo	PRO
Formato	FOR
Otro Documento	DOC

El código irá en el siguiente orden:

1. El código del proceso al cual pertenece el documento seguido por un guion (-)
2. El código del tipo de documento
3. El consecutivo asignado al documento.
4. Los caracteres no deben tener espacios.
5. Ejemplo: Política HSEQ H1-POL01

5.1.4. Versiones

La versión de los documentos se maneja con el siguiente criterio:

Versión: 0 Elaboración Inicial
Versión: 1 Primera revisión o actualización
Versión: 2 Segunda revisión o actualización
Versión: 3 Tercera revisión o actualización
Versión: n En revisión o actualización

5.1.5. Ruta de Archivo

Ubicada en el pie de página del documento, y contiene la ruta para acceder al documento dentro del Sistema de gestión de Calidad digital.

Ejemplo: C:\Documents and Settings\DIEGO M\Mis documentos\Google Drive\TEC LASER\SG\DOCUMENTOS\2. HSEQ (H2)\1. M. CONTINUA

La ruta del archivo se realizará en fuente tipográfica Century Gothic en tamaño 8, en el pie de página con alineación centrada.

5.2. Control de documentos

5.2.1. Identificación de Necesidad de Crear o Modificar Documentos

Cuando se determina la necesidad de crear o modificar los documentos o registros que apoyan la labor de las personas, se prepara un borrador del contenido del documento o registro en medio magnético o en papel y se envía a la dirección de mejoramiento para que lo revise, quien se asegura que los documentos son fácilmente entendibles, que estén en idioma entendible, y que no tenga ambigüedades ni contradicciones.

5.2.2. Elaboración o Modificación del Documento

Cualquier integrante de la organización puede solicitar la modificación o elaboración a través de un correo electrónico o en reuniones generales al director de hseq , en la cual justifique el requerimiento, y basándose en el numeral 5.1 Normalización, de este documento, se le asigna un código, en caso de ser considerado un nuevo documento, o se modifica la versión del documento existente.

La identificación de cambios consiste en una tabla que permite llevar control sobre las solicitudes de modificación del documento esta se encuentra en la parte final de cada documento, cuantas veces se ha llevado a cabo las modificaciones y por qué se las realizó. Para realizar la identificación de los cambios, se diligencia la tabla de registro de actualizaciones del documento escribiendo reviso, la fecha, descripción de la revisión y las firmas de aprobación. La versión indica el estado de revisión del documento. Se actualiza el listado de documentos y registros indicando la versión vigente. Esta tabla se debe incluir al final del documento, la cual contendrá los siguientes datos:

- **Revisión:** Corresponde al número de versiones existentes del mismo documento. Cabe resaltar que la última versión es la que se toma en cuenta para difusión.
- **Fecha de aprobación:** Corresponde a la fecha de aprobación de la versión
- **Descripción del cambio:** Referencia de la razón por la cual fue modificado el documento
- **Firma Elaboro:** Corresponde a la persona encargada que elaboro el documento
- **Firma Reviso:** Corresponde al encargado de la empresa que realiza la revisión

- **Firma Aprobó:** Corresponde al visto bueno que se le da al documento por parte de la gerencia

NOTA: La revisión y aprobación de los documentos y el control de cambios únicamente se registran en los documentos y no en los registros.

5.2.3. Aprobación de los Documentos

Todos los documentos, elaborados para el Sistema Integrado de Gestión, serán revisados por el líder de proceso y aprobados por la gerencia general.

Estos datos se encuentran en la última hoja del documento y permiten verificar quien revisó y quien aprobó, identificando los responsables del documento.

- **Revisado por:** En esta casilla se registra el líder del proceso al cual pertenece el documento.
- **Aprobado por:** En esta casilla se registra gerente general.

Cada una de estas casillas debe especificar nombre, cargo y firma en la respectiva columna.

Cabe resaltar que se permitirá el uso de firmas digitales en los documentos del Sistema Integrado de Gestión; estarán permitidas para la aprobación de los documentos una vez sea aprobado por el gerente general.

5.2.4. Difusión o Distribución

La Dirección de HSEQ realiza entrega del documento creado o modificado en medio físico o magnético al personal requerido, oficializando esta actividad a través de un correo electrónico adjuntando el documento e indicando su ubicación en la red. El Director de HSEQ se debe asegurar que el personal al que fue enviado por correo electrónico entregue confirmación de recepción y lectura. Debe recoger las copias obsoletas si las hubiere, estas copias son utilizadas como papel para reciclaje y en caso de contener información confidencial de la empresa se destruyen, en dado caso que se requiera; se guarda la versión inicial en digital del documento modificado en una carpeta de documentos obsoletos del Sistema Integrado de Gestión.

Todos los documentos publicados en la carpeta del SIG serán contralados por la Dirección de Mejora y será el control de disponibilidad documental de la organización.

Para la distribución de los documentos externos que afecten la calidad del servicio se aplica la misma metodología que para los documentos internos.

5.2.5.Control de Documentos

El Director de HSEQ, relaciona y actualiza los documentos internos que tengan relación con la modificación o creación del documento aprobado (Manuales, Procedimientos, Planes de Calidad, formatos, Instructivos u otros) del S.I.G, además de la actualización del **"Listado Maestro de Documentos"** y **"Listado Maestro de Registros"** así se tendrá actualizado y disponible un índice de referencia de los documentos para los miembros de la organización y las fechas de actualización serán la forma de verificar su control.

Se garantiza que los documentos se conservan legibles, si se encontrase un documento en mal estado se reemplaza con otro ejemplar de la misma versión y contenido.

El personal de las diferentes áreas de la empresa tiene acceso a los documentos o registros del Sistema Integrado de Gestión a través de la Dirección de HSEQ, por medio magnético o copia física actualizada que se mantiene en las carpetas de cada proceso. Cuando se crea, actualiza o modifica un documento se distribuye la nueva versión del documento, a las personas interesadas, dejando registro de la entrega, en el control de distribución. Si el cambio del documento es significativo se podrá hacer una divulgación mediante reunión en donde se pongan en común los principales cambios y se comenten las principales implicaciones, se llevará registro en acta de reunión o en el formato de divulgación de documentos.

Las copias duras se encuentran archivadas en carpetas, que controla la Dirección de HSEQ, las copias magnéticas están en el servidor de la Organización

La Dirección de HSEQ es la única persona autorizada para modificar los documentos, con previa aprobación del Gerente General. En caso de requerir enviar un documento del Sistema Integrado de Gestión a entidades externas, estos se remitirán por medio magnético en PDF o en copia dura con el sello de **"Copia Controlada"**.

La empresa ha establecido registros en el SIG para evidenciar la conformidad de sus procedimientos y controles. Al final de cada procedimiento se referencian los registros aplicables al documento.

El listado maestro de registros mantiene la codificación y son de actualización permanente. Los usuarios que los utilicen deben destruir la versión anterior. El área proceso HSEQ es responsable de mantenerlos actualizados.

Las personas responsables de diligenciar los registros, deben asegurarse que éstos sean legibles y que estén correctamente diligenciados. El proceso HSEQ debe archivarlos en la carpeta correspondiente. El tiempo de permanencia en el archivo activo es de un año y el tiempo de archivo muerto es indefinido.

La Gerencia General de la empresa es la única que define cuando se debe dar de baja, a la documentación que se encuentra en archivo muerto, por lo tanto, su tiempo es indefinido.

5.2.6. Revisión de los Documentos

Los Responsables de cada proceso, revisarán los documentos internos y externos que apliquen al S.I.G., con el objetivo de evaluar posibles cambios de acuerdo a las necesidades existentes y asegurarse que se identifica los cambios y el estado de revisión actual de los documentos y se registra en el respectivo listado.

5.2.7. Almacenamiento

El almacenamiento se dispondrá en el "Listado Maestro de Documentos" para lo cual:

- **Magnético:** Se tendrá una carpeta en el servidor llamada "SIG" Dividida en Documentos y Formatos para facilitar la búsqueda de los usuarios del SIG. Dentro de cada una de las mismas se encontrará clasificado según el proceso al que le aplique el formato que se está buscando estableciendo al interior de cada una.

Por otro lado, se creará una carpeta llamada "Documentos Externos" en la cual se almacenarán las lecturas de referencia y documentación externa necesaria para el desarrollo de actividades de la organización. Cuya responsabilidad estará a cargo del Gerente de proyecto.

- **Físico:** Se establece cuando sea explícitamente necesario se mantendrán los soportes físicos de documentos especiales, como los manuales, normas o documentación externa puntual.

6. CONTROL DE DOCUMENTOS OBSOLETOS

Los documentos impresos obsoletos serán archivados, según el tiempo de retención establecido en el Listado Maestro de Documentos y se identificarán con el sello de Documento Obsoleto. Luego de cumplir el tiempo de retención serán destruidos. Los documentos electrónicos, se eliminan de los discos duros luego de tres años de archivo y cuando se requieren conservar, se realiza una copia del documento obsoleto en la carpeta documentos obsoletos, con una marca de agua "Obsoleto".

7. CONTROL DE DOCUMENTOS EXTERNOS

Para el control de los documentos externos, se tendrá un listado maestro de documentos externos, donde se controla el nombre del documento, versión y fecha. Los documentos externos que afectan al SIG son:

- Documentos legales, entre ellos, la constitución política de Colombia, Leyes, Acuerdos, Decretos, Resoluciones y códigos colombianos de diferente naturaleza.

- Documentos generados por otras entidades y que tengan relación directa con las actividades y funciones realizadas por la Organización.

Los líderes de los procesos deben reportar al Director de Mejora los documentos externos que utilicen y que se hayan modificado o actualizado en cumplimiento de sus funciones para la actualización del listado maestro de documentos externos.

8. ANEXOS

- Listado Maestro de Documentos
- Listado maestro de Registros

CONTROL DE CAMBIOS

REVISION	FECHA	DESCRIPCION DE LA REVISION	FIRMA ELABORO	FIRMA REVISO	FIRMA APROBO
0	11/05/2022	Implementación			

CONTENIDO

1. OBJETIVO 2
2. ALCANCE 2
3. DEFINICIONES 2
4. RESPONSABILIDADES 3
   4.1. Jefe de producción 3
5. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO 4
   5.1. Generalidades 4
   5.2. Identificación de Producto no Conforme 4
   5.3. Cuantificar los lotes, tipo y unidades de producto involucrados como producto no conforme 5
   5.4. Definir tratamiento 5
   5.5. Aplicación de Tratamiento 6
6. MANEJO DE PRODUCTO NO CONFORME 8
   6.1. Producto en proceso 8
      6.1.1. Materia Prima y/o Producto defectuoso 8
      6.1.2. Reproceso de producto 8
      6.1.3. Devoluciones de producto 8
7. APLICACIÓN PROCEDIMIENTO DE ACCIONES CORRECTIVAS 9
   7.1. Diagrama de flujo 9
8. ANEXOS 12

1. OBJETIVO

Definir los parámetros para la identificación, control, tratamiento, responsabilidades y autoridades relacionadas con las salidas No Conformes previniendo la entrega involuntaria o el uso de las salidas no conformes, en todas las etapas del proceso y de la prestación del servicio de corte láser o productos.

2. ALCANCE

El presente procedimiento aplica a las salidas no conformes detectados en las diferentes etapas del proceso desde la recepción de materias primas e insumos hasta el producto terminado.

3. DEFINICIONES

- **Acción correctiva:** Conjunto de acciones tomadas para eliminar la(s) causa(s) de una no conformidad detectada u otra situación indeseable.

- **Acción preventiva:** Conjunto de acciones tomadas para eliminar la(s) causa(s) de una no conformidad potencial u otra situación potencialmente indeseable.

- **Conformidad:** Cumplimiento de un requisito

- **Corrección:** Acción tomada para eliminar una no conformidad.

- **Derogación:** Autorización para apartarse de los requisitos originalmente especificados de un producto, antes de su realización.

  Nota: Un permiso de desviación o derogación se da generalmente para una cantidad limitada de producto o para un período de tiempo limitado y para un uso específico.

- **Desecho:** Acción tomada sobre un producto no conforme para impedir su uso inicialmente previsto. Todas las bajas deberán ser reportadas, independientemente del destino final que se les dé.

- **Liberación**: Autorización para proseguir con la siguiente etapa de un proceso

- **Producto:** Resultado de un proceso.

- **Producto bajo Concesión:** Autorización para utilizar o liberar un producto que no es conforme con los requisitos especificados.

- **Producto no conforme:** Producto que no cumple con los requisitos establecidos.

- **Producto terminado:** Producto que no se someterá a ningún proceso ni transformación adicional por parte de la organización.

- **Proceso:** Se define como el conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan las cuales transforman elementos de entrada en resultados.

- **Procedimiento:** Forma especificada para llevar a cabo una actividad o un proceso.

- **Requisito:** Necesidad o expectativa establecida, generalmente implícita u obligatoria

- **Reparación:** Acción tomada sobre un producto no conforme para convertirlo en aceptable para su utilización prevista.

- **Reclasificación:** Variación de la clase de un producto no conforme, de tal forma que sea conforme con requisitos que difirieren de los iniciales.

- **Reproceso:** Acción tomada sobre un producto o servicio no conforme para hacerlo conforme con los requisitos.

4. RESPONSABILIDADES

4.1. Jefe de producción

- Implementar y divulgar el procedimiento de producto no conforme definiendo los parámetros necesarios para su identificación, clasificación y tratamiento.
- Hacer cumplir cada una de las actividades establecidas en procedimiento de producto no conforme.

5. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO

Este procedimiento establece los lineamientos para la identificación, clasificación y salidas de productos no conformes y su aplicabilidad en el proceso productivo incluye la toma de acciones para eliminar la no conformidad detectada de acuerdo con lo establecido.

5.1. Generalidades

Un Producto No Conforme se puede detectar en las siguientes situaciones:

- Orden de trabajo incompleta (falta de información y/o especificaciones, tiempo y lugar de entrega, material no especificado)
- Planos sin indicaciones claras (escalado, plegado, doblez, calibre de material etc.)
- Materias primas e insumos del proveedor defectuosos, no cumplen con especificaciones y/o están incompletos
- Material deformado y/o dilatado en el proceso de corte causado por temperaturas, velocidades etc.
- Piezas y/o Producto terminado con rebaba
- Producto terminado con alistamiento incompleto
- Cuando el producto no conforme no sea identificado dentro de la organización si no por el cliente, será manejado como una queja y/o reclamo y se le dará tratamiento según lo establecido en el documento PROGRAMA DE PQR´S.

5.2. Identificación de Producto no Conforme

Es catalogado como producto no conforme todo aquel que no cumple con los requisitos de calidad propios del producto, es aquel que presenta una desviación de los requisitos propios del diseño y uso del producto. A continuación, se ejemplifican las causas por las cuales en la organización se identifica un producto “no conforme”

CAUSAS DE IDENTIFICACIÓN DE LAS SALIDAS NO CONFORMES

Los motivos por los cuales el producto es clasificado como “NO Conforme” son:

- **Calidad:** Productos en proceso o terminados defectuosos (presentación), Piezas que no cumplen con las tolerancias requeridas
- **Ordenes de trabajo incompletas:** Falta de información para procesar, procesos adicionales no contemplados en una orden, material no especificado.
- **Planos de trabajo mal elaborados:** Planos sin indicaciones, planos escalados, planos de doblez, las referencias de los planos son diferentes a la orden de trabajo.
- **Entregas:** Diferencia en unidades cotizadas vs entregadas

5.3. Cuantificar los lotes, tipo y unidades de producto involucrados como producto no conforme

Los responsables del proceso de producción y calidad determinan la cantidad de producto no conforme ya sean lotes o unidades, para ello deben consultar el formato de trazabilidad u orden de producción correspondiente al producto o material detectado como producto No Conforme, el responsable registra la novedad, utilizando el formato PRO-FOR01 FORMATO DE IDENTIFICACIÓN DE PRODUCTO NO CONFORME.

5.4. Definir tratamiento

El responsable del proceso debe establecer las acciones más apropiadas para el caso, incluyendo las generadas por problemas en proceso como cantidades fuera de rango, producto con evidencia de adulteración, falsificación, entre otros y debe asignar al responsable para su respectiva ejecución.

Nota: Si la no conformidad no puede ser atendida de inmediato se debe identificar la mercancía con una etiqueta que identifique que el producto se encuentra como “**PRODUCTO NO CONFORME",** con el fin de evitar el uso no intencionado o inapropiado del producto.

5.5. Aplicación de Tratamiento

Una vez analizada la situación el responsable del proceso debe establecer cuál de las siguientes alternativas es la más adecuada, con el fin de darle el tratamiento a la no conformidad, pero sin que se altere el cumplimiento de los requisitos del producto y del cliente. Se deben adoptar algunos de los siguientes tratamientos:

- Desecho
- Permiso o desviación
- Liberación o aceptación
- Reproceso
- Concesión
- Reclasificación
- Reparación

De acuerdo a la identificación del producto no conforme en el punto anterior, se pueden establecer los siguientes tratamientos:

Causa de Identificación de producto no conforme	Especificación	Posibles tratamientos
Planos de trabajo mal elaborados	Planos escalados	Reproceso Reparación Reclasificación
	Planos de doblez	Concesión Reparación
	El dibujo no coincida como se ve en la orden	Reparación
	Calibre no coincide con el plano-orden	Reclasificación
	Los planos de proceso complementarios no sean claros	Concesión
	Las referencias de los planos son diferentes a la orden de trabajo	Permiso Desviación
Calidad	Material insumo defectuoso	Reproceso Desecho
	Material dilatado de corte	Desecho
	Suministro de material	Permiso

		Desviación Reparación Reproceso
Calidad	Que al alistamiento las piezas tengan mucha rebaba y por ende, se demoran en adherirse	Permiso Desviación
	Cortes de piezas que hicieron devolución porque quedaron bien soldadas	Reproceso
	Piezas que no cumplen con las tolerancias requeridas	Concesión Reproceso Reparación
Ordenes de trabajo incompletas	Falta de información para procesar	Desviación Reproceso Concesión
	Procesos adicionales no contemplados en una orden	
	Cantidades no corresponden	Concesión
	El material suministrado por el cliente es diferente a las especificaciones de la orden	Liberación Aceptación
	Documentos anexos	Desecho Reparación
Entregas	No cumplir con los tiempos de entrega	Reproceso Concesión Reparación
	Cantidades erróneas	Desecho Reproceso Concesión
	Diferencia en unidades cotizadas vs unidades entregadas	Liberación Aceptación

6. MANEJO DE PRODUCTO NO CONFORME

6.1. Producto en proceso

Cuando se identifica un producto en proceso no conforme, se realiza una inspección visual y se aplica tratamiento de acuerdo a lo definido en la parte superior.

6.1.1. Materia Prima y/o Producto defectuoso

Materia Prima: Cuando ingrese una materia prima defectuosa, esta inmediatamente se devuelve al proveedor para su cambio.

Producto terminado defectuoso: Cuando es un producto terminado defectuoso, se almacena en la esquina izquierda de la planta de producción, se identifica como "PRODUCTO NO CONFORME", posteriormente, se realiza una inspección visual, en donde se valida si este se puede reprocesar o reutilizar para otras piezas, de lo contrario este se envía mensualmente al proveedor de chatarrería.

6.1.2. Reproceso de producto

Pendiente confirmar con personal de producción

6.1.3. Devoluciones de producto

Para todos los procesos de devoluciones de Teclaser, se cuenta con una política de devoluciones, la cual se encuentra almacenada dentro del sistema de gestión de calidad. El proceso de devoluciones de producto es el siguiente:

Paso	Actividad/ Descripción	Responsable	Registro
1	El cliente informa sobre la devolución	Cliente	Llamada telefónica Correo
2	El cliente envía las piezas/ producto no conforme a las instalaciones de la empresa.	Cliente Teclaser	PRO-FOR02 Formato Registro de devoluciones

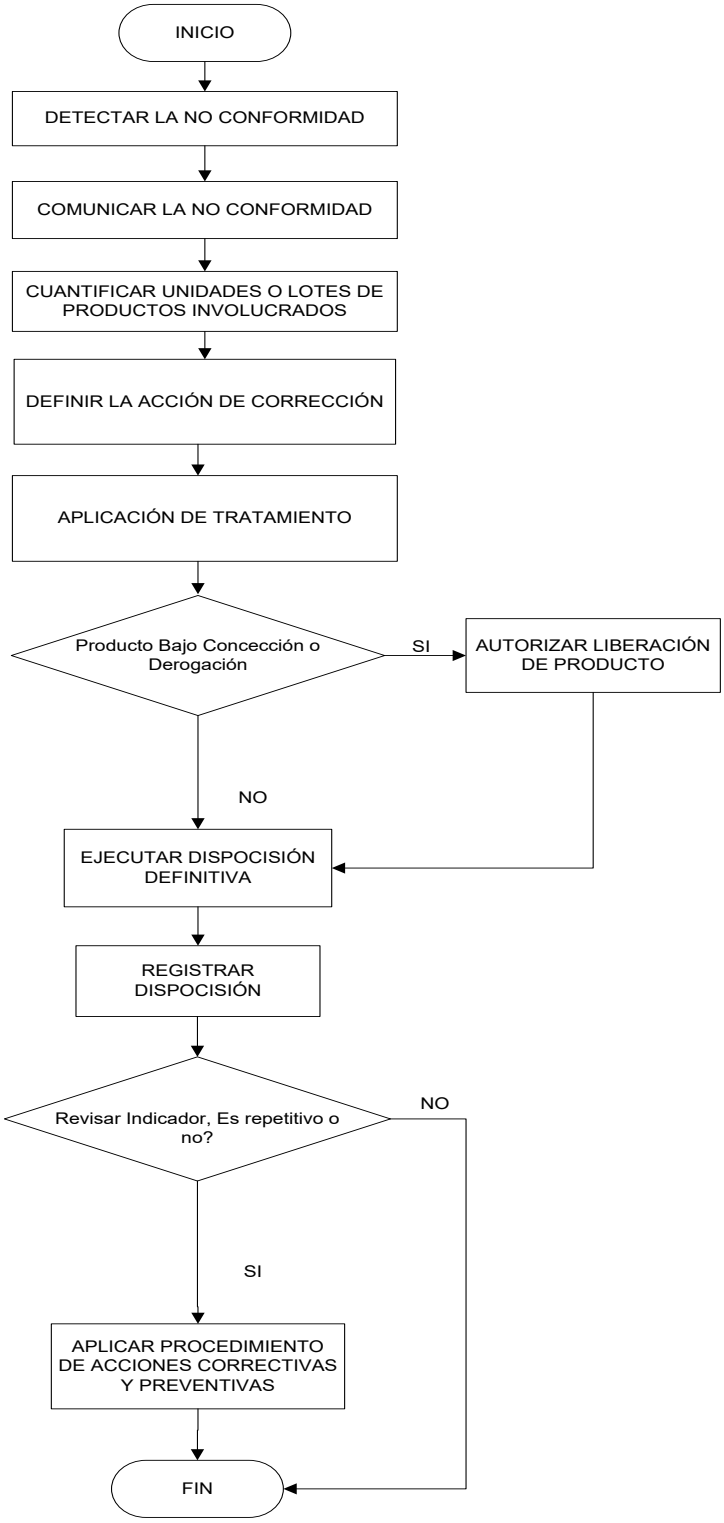
3	Posteriormente, se revisan los planos para identificar la causa	Teclaser	Planos de producto o servicio
4	Se identifica la causa y responsable de la no conformidad	Teclaser	Pendiente formato de investigación

7. APLICACIÓN PROCEDIMIENTO DE ACCIONES CORRECTIVAS

Se debe aplicar el procedimiento de acciones correctivas cuando se determina que la causa es repetitiva y puede representar un gran impacto para la satisfacción del cliente, para ello se debe analizar el indicador de "Producto No Conforme", con el fin de determinar aplicar las acciones correctivas correspondientes para la mejora continua del proceso.

7.1. Diagrama de flujo

TEC LASER	PROCEDIMIENTO DE PRODUCTO NO CONFORME	CODIGO	PRO-PRO01
		FECHA	11/05/22
		VERSIÓN	0
		REVISÓ	
		APROBÓ	



8. ANEXOS

ANEXO 1. PRO-FOR01 FORMATO DE IDENTIFICACIÓN DE PRODUCTO NO CONFORME
ANEXO 2. PRO-FOR02 FORMATO DE REGISTRO DE DEVOLUCIONES
ANEXO 3. POLITICA DE REPROCESO
ANEX0 4. PROCEDIMIENTO DE ACCIONES CORRECTIVAS
ANEXO 5. FORMATO DE INVESTIGACIÓN

CONTROL DE CAMBIOS

REVISION	FECHA	DESCRIPCION DE LA REVISION	FIRMA ELABORO	FIRMA REVISO	FIRMA APROBO
0	11/05/2022	Implementación	Diana Carolina Sánchez, Tatiana Galindo Asesoras cámara de comercio		

TEC LASER	PROCEDIMIENTO PROCESO PRODUCCIÓN	CÓDIGO	PRO-PRO03
		FECHA	11/05/22
		VERSIÓN	0
		REVISÓ	
		APROBÓ	

1. OBJETIVO

Establecer las actividades necesarias para garantizar el proceso de producción y/o transformación metalmecánica a partir de tecnologías CNC aplicadas en la elaboración de piezas y productos para la industria usando proceso de corte láser, corte por chorro de agua, plegado, soldadura y marcado, el cual se detalla a continuación; mediante la realización de actividades seguras y protegiendo a las personas y al medio ambiente, dando como resultado un producto que cumple con las especificaciones requeridas por producción empleando eficientemente los recursos asignados.

2. ALCANCE

Este procedimiento forma parte del proceso de producción y se inicia desde cuando el operador coloca los elementos de protección asignados para realizar su correspondiente labor y evalúa su área de trabajo hasta cuando el producto es aprobado en sus parámetros exigidos, está debidamente almacenado y sus residuos debidamente dispuestos.

Las especificaciones técnicas asociadas a este proceso y la secuencia de actividades sólo pueden ser modificadas por personal autorizado.

La compañía ha establecido este procedimiento en forma tal que todas las actividades que en él se realizan tienen sus riesgos bajo control; considerando inclusive las actividades donde una falla humana pudiera generar una situación peligrosa para las personas, instalaciones, medio ambiente, por lo tanto, el operador debe reportar inmediatamente al Jefe de Producción cualquier desviación que pudiera poner en riesgo la seguridad, la calidad del ambiente o la integridad del producto o sus instalaciones. Sin embargo, el uso adecuado de los elementos de protección personal asignados es obligatorio y permanente durante la exposición al riesgo.

3. DEFINICIONES

- CNC: Control numérico computarizado
- ODT: Orden de trabajo
- Rebaba: residuo

4. CONDICIONES Y/O REQUISITOS

- Aprobación de propuesta comercial
- Cantidad de personal y perfiles claros

- Orden de trabajo
- Cotizaciones

5. DESARROLLO DE ACTIVIDADES

5.1 CORTE LÁSER

Este subproceso comienza con la orden de trabajo física y sus anexos: planos (impresos), materiales e insumos, cantidades, requerimientos del cliente, programación de maquinaria (código CNC), estado de la maquinaria y prioridad, proveniente del área de aseguramiento y/o desarrollo de producto.

Paso	Actividad/ Descripción	Responsable	Registro
1	El jefe de producción con su equipo de producción se reúne diariamente en las mañanas para evaluar las ordenes de trabajo en proceso, con el objetivo de direccionar, dar las instrucciones y distribuir las mismas, asegurando una efectiva planeación de recursos y programación de turnos, buscando el cumplimiento de tiempos de entrega al cliente.	Jefe de producción Operario de máquina Soldador Doblador-Plegador -Operario de marcado	Planificación de producción diaria (verbal)
2	Con la ODT asignada, el operario de máquina realiza la búsqueda en el software de gestión NOVATEC del consecutivo de la orden para realizar la verificación de los materiales, insumos y programación de la maquinaria.	Operario de máquina	Software de gestión NOVATEC
3	El operario de máquina da la instrucción a los auxiliares de planta para buscar en el área de almacenamiento los materiales necesarios para la elaboración y/o corte de las piezas	Operario de máquina Auxiliares de planta	
4	Se realiza la verificación de calibres, tipo de material, tamaño, condiciones y/o estado del material para garantizar que cumpla con las especificaciones técnicas de la orden de trabajo	Operario de máquina Auxiliares de planta	
5	Se alistan los materiales, insumos, herramientas, planos y maquinaria según la orden de trabajo.	Operario de máquina	

Paso	Actividad/ Descripción	Responsable	Registro
6	Una vez validada la entrega de materiales y reconocido los requerimientos del cliente, se dispone a encender manualmente la máquina (BYSTAR 1 O BYSTAR 2) a operar con base en la programación.	Operario de máquina	
7	Se registra la hora de inicio de la actividad de corte según la ODT.	Operario de máquina	Software de gestión NOVATEC
8	Con ayuda del auxiliar de planta, el operario de máquina ubica y orienta el material para iniciar el proceso de corte de acuerdo a las especificaciones técnicas de cada orden de trabajo	Operario de máquina Auxiliares de planta	
9	El operario de máquina realiza una inspección visual del proceso de corte del material en la máquina garantizando el cumplimiento de los requerimientos del cliente con base en las especificaciones técnicas, planos, dimensiones etc.	Operario de máquina Auxiliares de planta	
10	Se registran todos los datos y variables de corte en el software de gestión, como velocidad, tiempo, etc.	Operario de máquina	Software de gestión NOVATEC
11	Con base en los resultados del mes anterior el jefe de Producción elabora un informe mensual de productividad y uso de recursos (insumos y repuestos para máquinas).	Jefe de producción	Informe mensual de productividad y Reportes utilización de insumos y repuestos para máquinas
12	Una vez finalizado el corte, el operario de máquina registra la hora de finalización de la actividad.	Operario de máquina	Software de gestión NOVATEC
13	El auxiliar de máquina alista el producto el final y lo entrega a almacén para despacho al cliente	Auxiliar de planta	

Paso	Actividad/ Descripción	Responsable	Registro
14	Se realiza la supervisión del adecuado funcionamiento de las máquinas, en caso de encontrar algún tipo de anomalía o fallo en las máquinas se informa al personal de mantenimiento y al jefe de producción para corregir las fallas	Operario de máquina Jefe de producción	
15	Se registran las paradas por mantenimiento, limpieza y/o cambios de piezas y se apoya en la	Jefe de producción Operario de máquina	Software de gestión NOVATEC
16	Se registra trimestralmente el Inventario de herramientas para controlar los activos productivos de la empresa	Jefe de producción	Inventario de herramientas
17	Se reporta diariamente a Coordinación de Gestión Humana la planificación de trabajo y tiempo extra del equipo de producción	Jefe de producción	Reporte de tiempo extra de personal (correo corporativo)
18	Al finalizar la jornada laboral el operario de la máquina y los auxiliares de planta realizan la limpieza de las máquinas de corte.	Jefe de producción Operario de máquina	
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			

Bystar 1-corte láser
Bystar 2-corte láser
Máquina de fibra-corte láser
Yjet-corte agua

5.2 CORTE AGUA

Paso	Actividad/ Descripción	Responsable	Registro
1		Jefe de producción Operario de máquina	
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			

5.3 PLEGADO

Paso	Actividad/ Descripción	Responsable	Registro
1	Verificar lona de plegado que esté despejado con espacio suficiente para trabajar y movilizarse con comodidad y seguridad	Doblador-Plegador	
2	Verificar suministro neumático del compresor (sin aire la plegadora no podrá trabajar)	Doblador-Plegador	

Paso	Actividad/ Descripción	Responsable	Registro
3	Energizar la máquina, encordar hidráulico, indexar y verificar que los ejes tomen correcta posición	Doblador-Plegador	
4	Revisar ordenes de trabajo y ordenar por prioridad quedando un plan de trabajo para jornada	Doblador-Plegador	
5	Con cada orden de trabajo se revisan planos y la información consignada para determinar si se evidencian falencias o se puede procesar	Doblador-Plegador	
6	Con cada uno de los planos se toman las piezas, se verifica desarrollo, se mide cada pieza, se calibra y se verifica el material, debe estar en condiciones óptimas, sin rebaba, sin rayones, sin golpes, sin cortes incompletos, con indicaciones como satinado, marcado y protección	Doblador-Plegador	
7	Dadas las anteriores condiciones se realiza el registro en NOVATEC (inicio)	Doblador-Plegador	
8	Se identifica la máquina de operación hidráulica (Máquina 1 PROMECAM o MÁQUINA 2 TRUMPF y Máquina 3 ECLAIR) en la que se trabajará, se adecua herramienta y se hace programa en caso de plegar en CNC (TRUMPF)	Doblador-Plegador	
9	Desde el primer pliegue se verifican medidas en milímetros y grados, se realizan las correcciones necesarias según tolerancias	Doblador-Plegador	
10	Se verifican cantidades, se empacan piezas de ser posible, se ubican en un lugar donde se puedan identificar son piezas de un mismo cliente	Doblador-Plegador	
11	Se realiza registro en NOVATEC con anotaciones de ser necesario (cierre)	Doblador-Plegador	
12	Se entrega orden y piezas al encargado del almacén.	Doblador-Plegador	

Paso	Actividad/ Descripción	Responsable	Registro
13	Al finalizar labores se organiza el área dejando limpio, despejado y con herramientas en su lugar	Doblador-Plegador	
14	Se apaga equipo de cómputo, máquinas plegadoras, se cierra suministro hidráulico.	Doblador-Plegador	

5.4 SOLDADURA

Paso	Actividad/ Descripción	Responsable	Registro
1	Estiramiento antes de laborar	Soldador	
2	Despeje del área de trabajo	Soldador	
3	Revisión tomacorrientes	Soldador	
4	Revisión equipos de soldar, extensiones	Soldador	
5	Verificación de gases de soldadura e insumos	Soldador	
6	Verificación de equipos	Soldador	
7	Verificación de herramientas eléctricas tales como pulidora, taladro, trenzadora	Soldador	
8	Se toma la orden de trabajo, se verifica la información para el producto, interpretación de planos, si los hay, se identifica los materiales adicionales y tareas que van de la mano en la manufactura, ejemplo: taladrado, corte, avellanado, cascado, satinado etc.	Soldador	
9	Verificación y corroboración de información de la orden de trabajo	Soldador	
10	Alistamiento de material según las tareas, se crea un orden	Soldador	
11	Se identifica o se acata el proceso de soldadura según la orden de trabajo	Soldador	

Paso	Actividad/ Descripción	Responsable	Registro
12	Se procede a pulir los procesos generando un ensamble con puntos soldados, adecuando las herramientas requeridas	Soldador	
13	Se observan los desarrollos del diseño, si hay falencias se comunican al asesor y se corrigen o se realizan tareas complementarias ya nombradas	Soldador	
14	Habiendo verificado los procesos se solda según especificaciones del material o la orden de trabajo	Soldador	
15	Se realizan acabados para la presentación del producto optimizando la calidad	Soldador	
16	Se empaca o se traslada el material ya sea al almacén o a la respectiva bodega depende de las dimensiones o cantidades del producto	Soldador	
17	Se cierran los registros de la orden de trabajo	Soldador	
18	Se ordena el área de trabajo recogiendo las herramientas, apagando los equipos, cerrando gases, se hace aseo	Soldador	
19	Se registra en el NOVATEC (programa empresa) y un registro en Excel donde se escriben las características de la orden de trabajo	Soldador	

5.5 MARCADO

Paso	Actividad/ Descripción	Responsable	Registro
1	Se procede a verificar la ubicación del archivo donde se encuentra el arte para verificar que se encuentra en la extensión que se solicitó, el cual se debe encontrar en COREL DRAW, o en PDF que se pueda convertir a curvas, en la siguiente dirección para trabajos que debemos marcar de corte: diseño/parts/planosclientes/# de OT	Operario de marcado	

Paso	Actividad/ Descripción	Responsable	Registro
	Para trabajos que lleguen para marca se debe enviar el archivo al correo designado para cada área. Se exporta el archivo con su extensión correcta ya sea para trabajar en PTL o en imágenes BPM.		
2	Se busca el archivo COREL DRAW O PDF en el correo para elaborar una muestra y que el cliente pueda ver cómo va quedar la muestra, antes de llegar la producción. Una vez guardado el archivo se valida la información y se verifica que el archivo haya pasado correctamente a la carpeta asignada por el programa con las especificaciones dadas por cliente. Una vez aprobada la muestra el cliente envía la mercancía a las instalaciones de Tec-láser. Se elabora la cotización pertinente junto con la orden de trabajo al cliente para que una vez terminada la producción ya esté cancelada la factura y se pueda entregar.	Operario de marcado	
3	Cuando llega la mercancía para producción se verifica y se cuenta que sea la correcta a la que nos indica la Orden de trabajo, se verifica la cantidad y la referencia, la mercancía no se debe recibir si está imperfecta.	Operario de marcado	
4	Se comienza con el desempaque de la misma en unas bandejas adecuadas para que la mercancía no se raye. Después que esté desempacada se inicia a marcar dicha producción.	Operario de marcado	

Paso	Actividad/ Descripción	Responsable	Registro
5	Se busca el archivo que se guardó con las especificaciones con la que se hizo la muestra para poder proceder a iniciar la producción Se ajustan todos los parámetros para iniciar la producción en este caso se verifica la altura ya que los otros parámetros están guardados en la carpeta que se hizo la muestra.	Operario de marcado	
6	Una vez terminado el marcado de la producción se dirige al área de empaque a limpiar y a empacar en sus respectivas cajas, se sellan y se organiza para entregar la mercancía con su respectiva orden de salida.	Operario de marcado	

6. ANEXOS

Nombre	Vínculo

Control de cambios:

Versión	Fecha	Descripción del cambio

TEC LASER	PROCEDIMIENTO PROCESO PRODUCCIÓN	CÓDIGO	PRO-PRO03
		FECHA	11/05/22
		VERSIÓN	0
		REVISÓ	
		APROBÓ	

Control de documentos:

	Elaboró	Revisó	Aprobó

FORMATO DE INSPECCIÓN				# FI-TL V01	TEC LASER
FECHA		MAQUINA			ODT
HORA		TIPO DE GAS			
CLIENTE					
ACABADO					
DIMENSIONES					
MATERIAL					
PROCESO COMPLEMENTARIO					
OBSERVACIONES					
OPERARIO		OPERARIO			
REVISO					

TEC LASER

Formato de producto no conforme

Version: 01
30/06/2020 3:41 p. m.

OT:		**CLIENTE:**		**No REP:**	
FECHA DE NO CONFORMIDAD:			**AREA RELACIONADA:**		
COLABORADOR(ES) INVOLUCRADO(S):					
NOMBRE Y CARGO DE QUIEN REPORTA:					

DESCRIPCIÓN DE LA NO CONFORMIDAD

ACTIVIDADES A REALIZAR	**SI**	**NO**	**FECHA DE INICIO**	**FECHA DE FIN**
REVISAR PLANOS OT				
SOLICITAR MATERIA PRIMA				
CORTE LASER Ó AGUA				
PLEGADO				
SOLADURA				
PINTURA				
MARCADO				
TRANSPORTE				
FORMULARIO ANALISIS CAUSA RAIZ				

RESPONSABLE (S) DE EJECUTAR LAS ACTIVIDADES A REALIZAR

OBSERVACIONES ACTIVIDADES A REALZIAR

COSTO ESTIMADO:		**TIEMPO ESTIMADO:**	

ESPACIO COMITE SGC			
VERIFICACION FINAL			
RESPONSABLE DE LA VERIFICACION FINAL:		**FECHA:**	
RESULTADOS DE LA VERIFICACION FINAL			
OBSERVACIONES			
NOMBRE DEL RESPONSABLE DEL PROCESO		**FIRMA:**	
NOMBRE DEL COORDINADOR DEL SGC		**FIRMA:**	

TEC LASER

Formato de Producto no Conforme

Version 0.1
18/04/2025

OT:	Cliente:	N.ºDe No conformidad	
Fecha de no conformidad		Area relacionada	
Colaborador(es) involucrado(s):			
Nombre y cargo del que reporta:			

Descripcion de la no conformidad

	Tipo de no conformidad	
	Calidad	
	Material	
	Cantidad	

Actividades a realizar	Si	No	Fecha de inicio	Fecha de fin
Revision de planos OT				
Solicitar materia prima				
Corte laser				
Corte agua				
Transporte				
Formulario causa raiz				

Responsable(s) e ejecutar las actividades

Observaciones de las actividad esa realizar

Numero de piezas solicitadas	
Numero de rpiezas no conformes	

Costo estimado:		Tiempo estimado:	

Tecnica de los 5 ¿porques?

1¿Porque?

2¿Porque?

3¿Porque?

4¿Porque?

5¿Porque?

Diagrama de ishikawa

Propuesta de mejora

Formato para Registro de Verificación de Instrumentos de Medición										
Fecha	**Instrumento**	**Numero de Serial**	**Estado Incial**	**calibrado(Si/No)**	**Mediciones**	**Promedio de Mediciones**	**Error**	**Observaciones**	**Responsable**	**Firma**

Checklist entrada de material				
Nº	**Ítem a verificar**	**Método de verificación**	**¿Conforme? (✓/✗)**	
1	Verificación del proveedor (según orden de compra y proveedor aprobado)	Revisión de documento de compra		
2	Validación del tipo de material recibido (tipo, referencia, certificado)	Comparación con especificaciones técnicas		
3	Verificación del espesor y dimensiones del material	Medición con instrumentos calibrados (pie de rey, flexometro)	**Cumple?**	**Valor:**
4	Inspección visual del estado del material (oxidación, ralladuras, contaminantes, deformaciones)	Inspección visual detallada y manual		
5	Revisión del número de laminas y coincidencia con orden de compra	Conteo físico y validación contra factura		
6	Validación de certificados de calidad (cuando aplica)	Revisión de documentos adjuntos: certificados de composición, pruebas de fábrica		
7	Registro en sistema de trazabilidad o planilla de ingreso	Carga en software de gestión o ficha de control físico		
8	Clasificación del material (APROBADO / PENDIENTE / NO CONFORME)	Basado en inspección técnica y análisis de documentos		
9	Organizar en estante correspondiente	Basado en distribucion de almacenamiento material		
10	Comunicación a compras sobre estado del material	Entrega de acta de ingreso o alerta de no conformidad		
11	Archivo de documentación relacionada	Escaneo y archivo físico/digital		

Checklist pre corte proceso de agua			
Nº	**Ítem a verificar**	**Método de verificación**	**¿Conforme? (✓/✗)**
1	Verificación del material (tipo, lote y espesor)	Inspección visual + metrología	
2	Revisión del montaje del material en la mesa	Inspección visual y nivelación con herramientas	
3	Confirmación del programa de corte (código CNC)	Validación en software CAM	
4	Comprobación de parámetros ajustados según material (presión, velocidad, abrasivo, perforación)	Configuración técnica en panel de control	
5	Inspección visual del estado de la boquilla y del zafiro	Lupa de inspección / checklist técnica	
6	Verificación de la tolva de abrasivo (nivel mínimo adecuado)	Indicador visual	
7	Revisión de posibles fugas de agua en la máquina	Inspección visual y sonora	
8	Validación de las medidas de seguridad activas	Confirmación de sensores, freno de emergencia, EPP	
9	Corte de una pieza para verificacion geometrica y acabado de corte	Inspección visual + metrología	

Checklist pos corte proceso de agua			
Nº	**Ítem a verificar**	**Método de verificación**	**¿Conforme? (✓/✗)**
1	Verificación de la conformidad dimensional de una muestra aleatoria	Pie de rey, flexometro	
2	Control del acabado superficial (rugosidad del canto)	Inspección visual	
3	Validación de geometría (perforaciones y formas internas)	Comparacion con plano de pieza	
4	Revisión de contaminación (rebabas, residuos de abrasivo)	Limpieza visual y tacto	
5	Registro fotográfico de piezas críticas	Cámara y registro novedades en orden	
6	Registro de piezas no conformes (si aplica)	registro novedades en orden	
7	Reporte de incidencias y retroalimentación (si aplica)	registro novedades en orden	

Checklist pre corte proceso de laser			
Nº	**Ítem a verificar**	**Método de verificación**	**¿Conforme? (✓/✗)**
1	Verificación del material (tipo, lote y espesor)	Inspección visual + metrología	
2	Revisión del montaje y alineación del material en la mesa de corte	Inspección visual y medición	
3	Confirmación del programa de corte (código CNC)	Validación en sistema CAM	
4	Ajuste de parámetros: potencia, velocidad, tipo de gas auxiliar y altura de enfoque	Configuración técnica en panel de control	
5	Verificación del punto focal y limpieza de lentes / espejos o cabezal	Herramienta de calibración óptica	
6	Comprobación del estado de la boquilla y boquilla de gas	Revisión visual y manual	
7	Comprobación del sistema de refrigeracion	Encendido y funcionamiento del sistema	
8	Confirmación de medidas de seguridad: sensores, freno de emergencia, uso de EPP	Verificación manual	
9	Corte de una pieza para verificacion geometrica y acabado de corte	Inspección visual + metrología	

Checklist pos corte proceso de laser			
Nº	**Ítem a verificar**	**Método de verificación**	**¿Conforme? (✓/✗)**
1	Verificación de conformidad dimensional de una muestra aleatoria	Pie de rey, flexometro	
2	Control del acabado del canto (brillante, sin rebabas)	Inspección visual + contacto manual	
3	Evaluación de la geometría y exactitud del contorno	comprobacion con plano de pieza	
4	Revisión de contaminación superficial (óxidos, quemaduras, escoria)	Inspección visual	
5	Registro fotográfico de piezas críticas o de cliente clave	Cámara + registro novedades en orden de trabajo	
6	Clasificación y registro de piezas no conformes (si aplica)	inspeccion visual	
7	Retroalimentación del operario en caso de errores recurrentes	registro novedades en orden de trabajo	

Checklist entrada piezas a almacen			
Nº	**Ítem a verificar**	**Método de verificación**	**¿Conforme? (✓/✗)**
1	Verificación de la orden de trabajo y número de lote	Validación en sistema de gestión o físico	
2	Confirmación del número de piezas entregadas vs listado	Conteo físico + documento de entrega	
3	Inspección visual del estado físico de las piezas (daños, contaminaciones, rebabas, etc.)	Inspección visual con guantes y luz adecuada	
4	Verificación de empaque o contenedor adecuado para manipulación y almacenamiento	Validación visual	
5	Confirmación de etiquetas de identificación (lote, cliente, material, referencia)	Revisión directa de la etiqueta y trazabilidad	
6	Registro de ingreso en sistema	Regustro en software de inventario	
7	Ubicación en estantería o zona asignada	Acorde al plano de distribución del almacén	
8	Actualizacion de orden de trabajo ingreso a almacen	Sistema Novatec	
9	Comunicación al área de logística o despacho	Aviso sistema interno	