

# Aplicación de la Metodología de Ishikawa en el Proceso de Cromado en una Empresa del Sector Industrial

## Ishikawa Methodology Application in the Chrome Plating Process in a Company of Industrial Sector

DOI: <https://doi.org/10.17981/bilo.5.2.2023.06>

Fecha de recepción: 09/11/2023. Fecha de Publicación: 13/11/2023

### Oscar Antonio Molina Barrios

Estudiante Especialización en Gestión Integral de la Calidad  
Universidad de la Costa, [omolina8@cuc.edu.co](mailto:omolina8@cuc.edu.co)

### Oscar Luis Ortega García

Estudiante Especialización en Gestión Integral de la Calidad  
Universidad de la Costa, [oortega2@cuc.edu.co](mailto:oortega2@cuc.edu.co)

### Stefany Johanna Heredia Fonseca

Estudiante Especialización en Gestión Integral de la Calidad  
Universidad de la Costa, [sheredia5@cuc.edu.co](mailto:sheredia5@cuc.edu.co)

### Laura Rivera Rojas

Profesor Especialización en Gestión Integral de la Calidad  
Universidad de la Costa, [lriviera8@cuc.edu.co](mailto:lriviera8@cuc.edu.co)

*Como citar en IEEE este artículo:* O.Molina-Barrios, O. Ortega-García, S. Heredia-Fonseca y L. Rivera-Rojas, «Aplicación de la Metodología de Ishikawa en el Proceso de Cromado en una Empresa del Sector Industrial,» *Boletín de Innovación, Logística y Operaciones*, vol. 5, n° 2, pp. 62-71, 2023. online. <https://revistascientificas.cuc.edu.co/bilo/article/view/5458>

## Resumen

El cromado duro industrial se ha convertido en una alternativa en la industria para la mejora de los procesos y la mejora de estos, el mercado es cada vez más competitivo y por ende exige a las empresas a estar en constantes procesos de mejora continua para brindar mejor calidad y resultados en sus productos o servicios. En el presente artículo, se tomó una empresa del sector metalmecánico dedicada al cromado duro industrial. Con el uso de las herramientas de calidad se propondrán mejoras que permitan reducir las desviaciones en el proceso de cromado, para esto se pretende identificar los defectos presentes en el proceso y descubrir la causa de estos por medio de un Diagrama de Pareto e Ishikawa, de esta manera establecer acciones para la mejora del proceso. Durante el desarrollo de esta actividad se identificó que la principal falla en el cromado duro es la porosidad, que es producida por la falta de limpieza de los tanques de cromado y la solución química usada en los mismos, lo cual hace necesario garantizar la limpieza de estos

y el uso correcto de las sustancias químicas.

**Palabras claves:** Cromado duro; Herramientas de calidad; Mejora; Diagrama de Ishikawa; Diagrama de Pareto; Porosidad; Retrabajos.

### **Abstract**

The industrial hard chrome plating has become an alternative in the industry for the improvement of processes and their optimization, the market is increasingly competitive and therefore requires companies to be in constant processes of continuous improvement to provide better quality and results in their products or services, on this occasion a company of the metalworking sector dedicated to industrial hard chrome plating was taken. With the use of quality tools, improvements will be proposed to reduce the deviations in the chrome plating process, for this purpose it is intended to identify the defects present in the process and discover the cause of these by means of a Pareto and Ishikawa Diagram, thus establishing actions for the improvement of the process. During the development of this activity, it was identified that the main failure in hard chrome plating is porosity, which is produced by the lack of cleanliness of the chrome plating tanks and the solution used in them, which makes it necessary to ensure the cleanliness of these and the correct use of the amounts of solution

**Keywords:** Quality tools; Improvement; Ishikawa diagram; Pareto diagram; Porosity; Reworking.

### **Introducción**

En la actualidad, existen diversos procesos productivos los cuales nos permiten subsistir y suplir nuestras necesidades como población. Para la ejecución de estas labores también debemos tener en cuenta los factores que pueden afectar la vida útil de los recursos disponibles, por decir alguno de esos factores y teniendo en cuenta su relación directa con esta investigación, mencionaremos las condiciones climáticas, las cuales influyen de una manera muy significativa en el deterioro de las maquinas, más específicamente en su parte hidráulica. Conociendo esto, la industria metalmecánica busca alternativas para mitigar estos sucesos, es ahí donde ingresa las industrias de cromado duro industrial, el cual es un proceso en el que se busca mejorar las propiedades mecánica de los metales, dentro de los que se destacan la resistencia a la corrosión, el desgaste y el aumento de su dureza superficial.

En este artículo de investigación se abordarán los procesos y las variables que pueden influenciar el producto terminado, generando retrasos y perdidas de la operación. Adicionalmente, se abordarán herramientas de calidad que pueden contribuir a la mejora y evolución del proceso de cromado duro industrial. Además, se sugieren herramientas para elevar la competitividad y la innovación en las industrias, en cómo se tiene que incrementar la inversión en actividades y desarrollos, lo que incluye la formación de personal y los servicios tecnológicos necesarios. [1]

### **Revisión de la Literatura**

#### **Proceso de cromado**

El recubrimiento de cromo duro es producido por electrodeposición a partir de una solución que contiene de una solución de ácido crómico ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) y un anión catalítico en proporciones adecuadas. El proceso es utilizado en aplicaciones donde se requiere una excelente resistencia al desgaste, en las reconstrucciones de piezas que han sido mal maquinadas, o desgastadas. [2]

La gama de recubrimientos y tratamientos aplicados es muy amplia y la finalidad de la operación consiste en proteger la superficie contra la corrosión o el desgaste, lubricarla, variar la conductividad eléctrica o la reflectividad al calor o a la luz, etc. Los espesores de estos recubrimientos y tratamientos suelen ser de varias decenas de micras, aunque en ocasiones muy especiales se llegue hasta varias centenas. [3]. Las Particularidades del cromado son:

- La adherencia es molecular, está ligada a la regularidad del sistema cristalino de la base y no a su macrogeometría.
- Cromado selectivo.
- Existe la operación de descromado, que no altera el material base.
- El cromo duro es mecanizable por medio de rectificado, electroerosión, pulido mecánico, rodado o lapidado

### **Comportamiento del cromo ante la corrosión**

Existen básicamente dos formas de corrosión: Corrosión que se inicia en el sustrato, y la corrosión que procede por ataque de la película de cromo. El cromo, a pesar de ocupar una mala posición en la escala de tensiones, forma una delgada capa de óxido que da un potencial de 1.3V, que corresponde al potencial de un metal noble. El comportamiento electroquímico del cromo frente a un sustrato de hierro es catódico. Cuando el cromo se deposita sobre una superficie oxidada, con cavernas y en mal estado, suele formarse una pila galvánica, en la cual el sustrato férrico se disuelve anódicamente, formando compuestos que desde el interior provocan ampollas en la película de cromo.

Se da la misma reacción, si la película de cromo es porosa y la pieza está en un ambiente altamente corrosivo. Si el cromo es atacado superficialmente, lo que sucede es una degradación del cromo que será más o menos rápida en función de la naturaleza del agente corrosivo. Hasta que no desaparezca el cromo localmente, la acción de la pila galvánica no actuará. La resistencia del cromo duro ante la corrosión va en función del perfecto estado superficial de la pieza a recubrir y de las características del depósito (estructura, espesor, etc.) sumadas a una perfecta adherencia.

- Técnicas de cromado duro
  - **Doble capa:** Cromado con capas de cromo de estructuras diferentes, muy utilizado en ambientes altamente corrosivos.
  - **Cromado Microporoso:** Cromado con capa de cromo microporosa que mejora el coeficiente de rozamiento al retener los aceites lubricantes.
  - **Cromado Microfisurado:** Depósito de cromo duro con una red microscópica de fisuras que mejoran la lubricación, la resistencia a la corrosión y disminuyen las tensiones internas.
  - **Flash Crom:** Deposición de cromo uniforme, con pocas fisuras, dureza de 750 Vickers y acabado espejo.
  - **Cromado Sutil:** Cromado a bajo espesor, 1-5 mm, dureza 850 Vickers, uniforme y con pocas fisuras.
  - **Cromado A Espesor:** Cromado a una medida superior a la de trabajo, para su posterior rectificado.
  - **Cromado A La Cota:** Deposición de cromo controlada, tanto sea en superficies exteriores como en interiores o cavidades.
  - **Cromado Gris:** Cromado exento de fisuras que proporciona una excelente resistencia a la corrosión con espesores no superiores a las 30mm con no muy alta dureza.
  - **Cromado Duplex:** Cromado con capa previa de níquel electrolítico o bien níquel químico. Alta resistencia a la corrosión.

### **Características del recubrimiento:**

La conductividad térmica del Cromo es de un 40% más elevada que la del acero o la fundición. El calor se disipa más rápidamente a través del cromo, existiendo una mejora del comportamiento entre pistón y segmento. El cromado micro poroso o bien micro fisurado mejora la lubricación bajando el coeficiente de rozamiento.

Si se utiliza cromo poroso, la porosidad reduce el aire de contacto lo que genera una disminución de la cantidad de calor engendrada. A continuación, se citan las propiedades del cromo duro que aconsejan el recubrimiento:

- Acabado superficial (mate, rugoso, brillante, espejo)
- Anti-adherencia

- Resistencia a la corrosión y ausencia de toxicidad
- Resistencia al desgaste

### **Características del recubrimiento**

En la industria analizada, se definen los siguientes requerimientos del producto: espesor 15-100 $\mu$ , dureza 850-1200 Vickers, acabado variable según especificaciones, estructura variable, acabado a la cota.

### **Recuperación de piezas usadas o bajo cota por error de mecanizado**

Las piezas como pistones, Cigüeñales, correderas Cilindros, rodillos y placas tienen las siguientes propiedades del cromo duro que aconsejan el recubrimiento:

- Dureza, bajo coeficiente de rozamiento y resistencia al desgaste
- Adherencia al sustrato
- Deposición de cromo selectivo, de 1 $\mu$  a 1 mm de espesor
- Mecanizable [4]

En calidad existen distintas metodologías de mejora que nos permiten identificar los defectos o fallas principales de un proceso y de esta manera, buscar alternativas que nos permitan reducir los efectos no deseados. Al minimizar los efectos negativos en un proceso podemos lograr distintos beneficios para las organizaciones como lo son aumentos de utilidades, reducción de costos, tiempos, retrabajos. Como señala [5] “Ishikawa recopiló siete herramientas: diagrama de Pareto, diagrama de Ishikawa o Causa-Efecto, histograma, hoja de inspección, gráficos de control, diagrama de dispersión y estratificación”.

Para el desarrollo del presente proceso de investigación, se han seleccionado el Diagrama de Pareto y Diagrama de Ishikawa como herramientas para identificar las causas y efectos principales que afectan el proceso de cromado duro. En [5] podemos ver algunos beneficios de usar estas 2 metodologías, como son identificar, organizar y priorizar los problemas presentados e identificar diferentes causas que generan estos problemas y así finalmente detectar la causa raíz. La metodología Pareto, generalmente es usada para identificar cuáles son las principales causas por tratar en un problema; sin embargo, en algunos casos se usa para identificar las fortalezas como es caso de [6] que realizan un Diagrama de Pareto para identificar los artículos más vendidos y los artículos que generan más ingresos en una empresa PYME del sector textil. Del mismo modo en [7] por medio de un Diagrama de Ishikawa se logra identificar la causa raíz de la baja eficacia en los procesos de empresas medianas del sector industrial.

### **Metodología**

En el área de cromado duro se presentan diferentes defectos que generan retrabajos ocasionando sobrecostos en este proceso. Datos recientes han demostrado que el porcentaje de retrabajos en el área de cromado ha alcanzado un 33,5%. Para reducir este porcentaje de retrabajos, emplearemos un enfoque descriptivo, de corte cuantitativo que hace uso del Diagrama de Pareto, con el propósito de identificar cuáles son los defectos más repetitivos presentados en el proceso. Una vez se identifican las principales causas, se hará uso de un Diagrama de Ishikawa o Causa-Efecto para detectar cual es la causa raíz de este problema y poder definir estrategias que permitan disminuir el número de defectos. El presente estudio, toma datos obtenidos en el proceso, para el primer semestre del 2023. A continuación, se citan los resultados del proceso.

Tabla I  
Fallas En El Proceso De Cromado Duro

<b>PROBLEMAS</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>PORCENTAJE</b>	<b>ACUMULADO</b>
Poros	111	38,811 %	38,81 %
Medidas bajas	79	27,622 %	66,43 %
Desprendimiento	62	21,678 %	88,11 %
Fatiga	11	3,846 %	91,96 %
Manchas	11	3,846 %	95,80 %
Adherencia baja	6	2,098 %	97,90 %
Cromo Descompensado	6	2,098 %	100 %

Nota: Fallas principales identificadas en el Proceso de Cromado Duro

Posteriormente, se realiza el análisis estadístico tipo histograma para los resultados obtenidos.

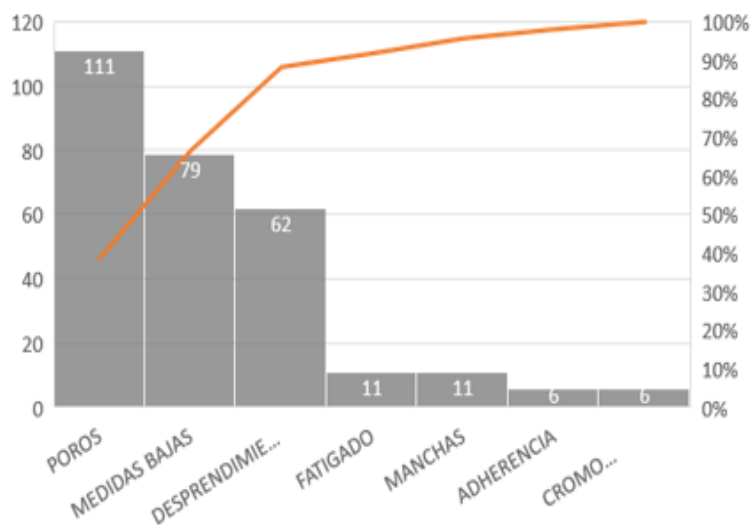


Figura. 1 Pareto de Fallas en el Proceso de Cromado Duro

Empleando el Diagrama de Pareto se lograron identificar las fallas más repetitivas para este proceso son Poros y Medidas bajas. Por lo tanto, la falla a minimizar serán los poros.

Para evidenciar las causas potenciales del problema, se utilizó la herramienta Diagrama de Ishikawa como en [8], esta herramienta la cual tiene como estructura una espina de pescado, donde en la cabeza se encuentra la problemática y sus causas potenciales en las espinas. Decidimos realizar esta metodología ya que es muy recomendada para identificar cuellos de botella y oportunidades de mejora. A continuación, se detallan las actividades realizadas:

- Se definió el problema, en este caso el problema más frecuente es Poros con una frecuencia de 111, con un porcentaje de 38,81% con respecto a los demás defectos.

- Se definieron las categorías aplicar en este caso las 6 M, mantenimiento, métodos, materiales, medio ambiente, maquinaria y mano de obra.
- Seguidamente se realizó una lluvia de ideas con conformando un equipo multidisciplinario con el gerente de producción, gerente general, cromador Líder, cromadores y supervisores por el fin de clasificar los factores que causan el problema evidenciado.
- Se identificaron las causas potenciales del problema y se clasificaron por orden de importancia en cada categoría.
- Se realizo un análisis y se seleccionó la causa raíz
- Se elaboro el plan de acción

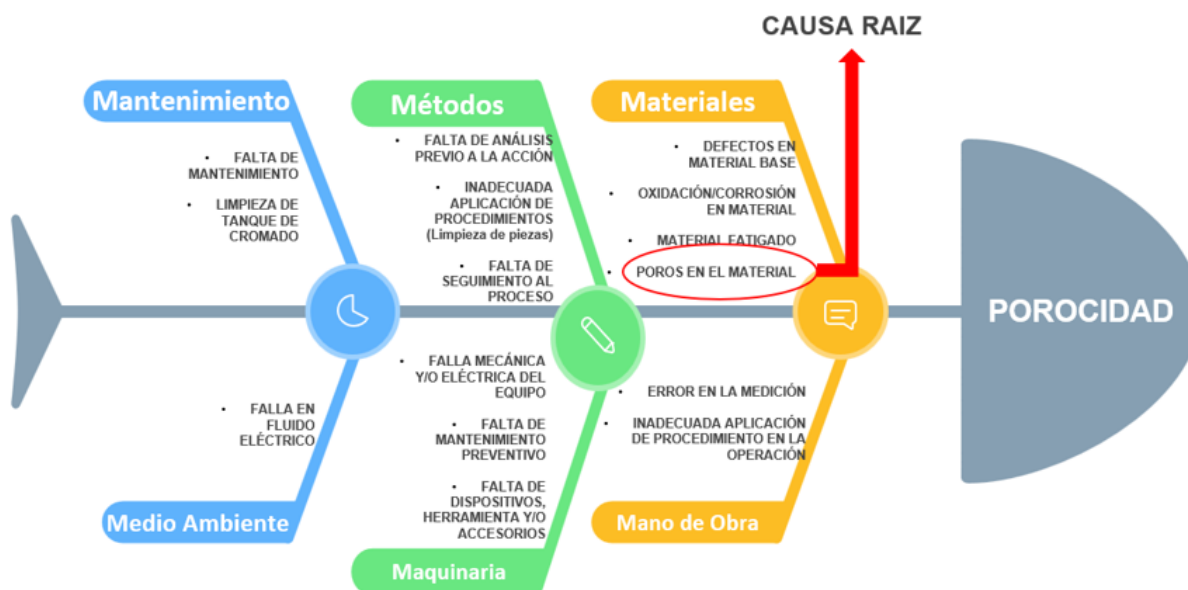


Figura. 2 Diagrama Ishikawa de Fallas del Proceso del Cromado Duro

En la figura anterior, se especifica el análisis del problema, haciendo uso de la metodología de Ishikawa y las 6M, de la siguiente manera:

- **Medio Ambiente:** Se presenta falla en el fluido eléctrico lo que ocasiona no cumplir con el tiempo establecido de cromado, por ende, sale con medidas bajas
- **Mantenimiento:** Falta de mantenimiento se evidencia debido a la poca disponibilidad de los cilindros para realizar los mantenimientos preventivos lo cual dificultan el cumplimiento del programa. Limpieza de tanque de cromado se evidencio que se da debido al mal alistamiento del componente al ingresar a cromar, deficiente limpieza, no se garantiza una buena adherencia del cromo.
- **Métodos:** Falta de análisis previo a la acción se analiza FNC con técnico, el eje cuando al área de cromado está en  $-0.040''$  en el diámetro menor para llegar a medida de cromo se le dan 12 horas lo cual hace que el componente salga grueso por el tiempo de cromado. Inadecuada aplicación de procedimientos se da por el mal alistamiento del componente al ingresar a cromar, deficiente limpieza, no se garantiza una buena adherencia del cromo. Falta de seguimiento al proceso se da debido a que el cliente solicita trabajos de salvamento en dos zonas: una estática y una dinámica. se cotiza y ejecuta salvamento a conformidad en zona dinámica y omite salvamento en zona estática. cliente recibe y aprueba oferta con solo la reparación de zona de sellado dinámico, también omite en este momento la desviación manifiesta. componente se entrega como reparado sep-2022.

- cliente reporta componente como sospecha de garantía. se evidencia que la omisión se da por falta de comunicación y falta de seguimiento al proceso
- **Maquinaria:** Falla mecánica y/o eléctrica del equipo se da debido a las fugas de agua en el serpentín la cual fue producto de tener alta temperatura del tanque de cromado Falta de mantenimiento preventivo se evidencia que la causa es ocasionada por las condiciones subestándar de operación asociadas a equipo y/o herramienta, su mantenibilidad sin ocasionar riesgo al personal y se gestiona reparaciones inmediatas y/o cambio de activos y so pesar esto. Falta de dispositivos se da debido a que cuando se ingresa a cromar por segunda ocasión ya que se había interrumpido el proceso de cromado anterior (29-12). supervisor en turno reporta que se dispara el rectificador antes de cumplir el tiempo programado el 5-01-2023. ambos procesos se realizaron en uc13en el ala de cromado #2, el sistema de enfriamiento de los rectificadores (chiller)
  - **Materiales:** Defectos en material base se presenta cuando el cromo presenta microgrietas debido al estrés presente en la zona con doble revestimiento debido al cromado en dos etapas. este estrés se debe a la naturaleza del proceso de cromado en conjunto con el dispositivo de sujeción y doble depósito de revestimiento. Oxidación/corrosión en material se evidencia debido a los defectos en material base por reparaciones con soldadura debido a picaduras por corrosión, en el proceso de reverso se alcanza a extraer parte de las reparaciones generando porosidad en el recubrimiento. Material Fatigado se da debido a las condiciones del material base, se observa fatiga en zona donde tiene deficiente adherencia de cromo. Poros en el marial se evidencia que este defecto se evidencia
  - **Mano de Obra:** Error en la medición se evidencia durante el proceso de pulido el técnico no asegura la medida del componente y lo saca de especificación. Inadecuada aplicación de procedimiento en la operación este da debido al mal alistamiento del componente al ingresar a cromar, deficiente limpieza, no se garantiza una buena adherencia del cromo

## Resultados

Luego de realizar un análisis de la situación planteada se encontraron diversos motivos por los cuales se generan incidencias que retrasan y disminuyen la efectividad en el proceso de cromado, pero apoyándonos en los resultados obtenidos por las herramientas de calidad utilizadas se decide atacar la causa raíz, en este caso fue la porosidad. Los poros son un problema muy común en el proceso de cromado duro. El potencial de picaduras es más pronunciado con depósitos más gruesos a medida que se hacen más grandes con mayor acumulación.

Si se producen picaduras, casi siempre es una función de preparación inadecuada, limpieza deficiente o imperfecciones en el metal base. La abrasiva molienda, pulido o bruñido externo antes de cromar, puede dejar residuos superficiales no visuales que deben ser eliminados por completo antes del recubrimiento. En algunos casos las picaduras (y la rugosidad) se pueden evitar cambiando el tiempo de grabado inverso (reverso). Las partículas metálicas microscópicas de la molienda y el pulido pueden "ponerse de pie" y hacer frente al ánodo durante el grabado inverso. Estas áreas de alta densidad de corriente causan una acumulación adicional de cromo que da como resultado un nódulo que luego puede desprenderse, usualmente durante la molienda o el pulido, dejando un pozo. Tiempos de grabado más cortos pueden evitar que se "pongan de pie" y los tiempos de grabado más largos pueden eliminarlos por completo.

Otro motivo de falla es el estado general de la solución y el barraje del tanque. Estos deben estar lo más limpio posible. Las platinas de cobre en el tanque y las platinas utilizadas para guiar la corriente hacia la pieza que será cromada deben estar libres de impurezas y en buenas condiciones generales. Otro motivo de falla es el estado general de la solución y el barraje del tanque. Estos deben estar lo más limpio posible. Las platinas de cobre en el tanque y las platinas utilizadas para guiar la corriente hacia la pieza que será cromada deben estar libres de impurezas y en buenas condiciones generales.

El total de las impurezas en la solución (hierro, cobre, y otras impurezas) deben mantenerse por debajo de 5g/L\*

Tabla II  
Análisis de Solución Para Tanques De Cromado

TANQUE	COBRE (g/l)	HIERRO (g/l)	Manganeso (mg/L)
01	2,34	4,79	4,90
02	5,49	6,63	7,10
03	5,42	5,12	4,10
07	2,07	3,67	9,80
09	1,98	2,62	6,80
11	2,02	3,42	6,00
12	2,04	3,70	6,70
13	2,20	4,63	7,40
14	1,51	3,43	12,00
15	2,11	3,42	7,10

Nota: Se muestra la cantidad de los elementos que componen la solución de cromo

Como se observa en la tabla anterior, la suma de los contaminantes en la solución de los tanques supera los 5g/l sugeridos. Los tanques con mayor cantidad de contaminantes son los tanques 2 y 3.

Los contaminantes en la solución actúan como barrera de la corriente que viaja del ánodo hacia la pieza causando una disminución de la calidad del cromo, así como la velocidad de su deposición.

- **Propuestas de mejora**

Para ello se debe hacer un cambio por lo menos del 70% de la solución con el objetivo de disminuir la cantidad de contaminantes disueltos en la misma. También es necesario mejorar la limpieza de las piezas antes de que estas ingresen a la solución disminuyendo la probabilidad de ingresar más contaminantes en la solución. La teoría indica que los poros, esferas, medidas bajas y desprendimiento de cromo, son causa muy probable de la preparación previa de la pieza a cromar (limpieza, reverso, estado de la solución), así como la cantidad de impurezas disueltas en la solución. Por tanto, cambiando variables en estos aspectos podemos tener un impacto en el cromado de cada pieza.

Adicionalmente, se sugiere hacer pruebas con diferentes solventes, para determinar la mejor opción de limpieza que podemos tener en las partes que serán cromadas. Para ello se debe realizar un test de agua con el fin de determinar si la parte, una vez aplicado cada solvente, quede libre de impurezas, como grasas, aceites o aun de impurezas dejadas por el proceso de bruñido externo aplicado previamente. El barraje y las platinas de cobre también deben limpiarse completamente. Por otro lado, se sugiere la aplicación dl test de agua o prueba de agua. La cual consiste en rociar con agua la superficie a cromar después que esta haya sido limpiada con un solvente. Si núcleos de agua o gotas quedan adheridas en la superficie, indicará que esta no se encuentra totalmente limpia. En caso contrario, si el agua no se corta o gotas de agua no se quedan adheridas en la superficie, podemos decir que el componente se encuentra limpio.



Figura. 3 Test de Agua

Por otro lado, la teoría indica que podemos realizar tiempos de grabado (reversos) más cortos para evitar que poros en la superficie se "pongan de pie como bien podemos implementar tiempos de grabado más largos y eliminarlos por completo". Se sugiere tomar al menos 5 partes las cuales se deben mantener las variables tales como limpieza de barraje, limpieza de la superficie con desengrasante convencional, y se le da un tiempo de reverso de 10 segundos. Actualmente se hacen diferentes pruebas de reverso a tiempo cortos (10 segundos, 1 minuto, 2 minutos, 3 minutos, 5 minutos) y los resultados están siendo satisfactorios. Se sugiere se aplicar un reverso de 15 minutos bajo las variables antes mencionadas controladas y luego un reverso mínimo de 10 segundos.

## Conclusiones

El uso de herramientas de Calidad permite identificar y ordenar por importancia los defectos que se pueden presentar en los distintos procesos de las organizaciones, en este caso en el proceso de cromado duro para una empresa del sector metalmecánico. La selección de metodologías de Diagrama de Pareto y Diagrama de Ishikawa fueron de gran utilidad para definir la porosidad como falla principal del proceso, las cual es causada principalmente por impureza en los materiales y limpieza ineficiente de los tanques de cromado.

El cambio de solventes para la limpieza de las piezas que ingresan a cromarse y el cambio de porcentajes de la solución de cromado son propuestas que permitirían la reducción de los poros y por ende una disminución en los retrabajos del proceso de cromado.

## Referencias

- [1] C. P. M. Zorrilla, «Factores de innovación que inciden en la competitividad del subsector reparación de maquinaria y repuestos en los municipios de Cali y Yumbo,» *revistas unilibre*, vol. 9, nº 2, 2012.
- [2] A. A. T. S. Bello González y W. F., «EFECTO DE LA CARGA NORMAL, LA VELOCIDAD Y LA DISTANCIA SOBRE LA RESISTENCIA AL DESGASTE POR DESLIZAMIENTO Y ABRASION DE UN RECUBRIMIENTO ELECTROLITICO DE CROMO DURO,» Caracas, 2013.

- [3] E. G. A. Malagón., *Control de proceso en el área de re cromado.*, Cuitláhuac, Veracruz, 2018.
- [4] Electro -Durocrom, «electrodurocrom,» [En línea]. Available: <https://electrodurocrom.com/cromado-duro-industrial/#definicion>.
- [5] F. G. Calderón Pozo, *Diagnóstico y propuesta de mejora del proceso de control de la calidad en una empresa que elabora aceites lubricantes automotrices e industriales utilizando herramientas y técnicas de calidad*, Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2014.
- [6] E. R. Loli Galván, *Propuesta de mejora en el proceso productivo para reducir los costos en una MYPE del sector textil de la Región de arequipa*, Arequipa: Universidad Católica de Santa María, 2019.
- [7] J. Maya Mendoza y L. F. Llanos, «Selección y evaluación de las herramientas de mejora de procesos,» *Revista Venezolana de Gerencia*, vol. 27, n° 8, pp. 1230-1248, 2022.
- [8] M. A. Rodríguez Alza, S. M. Purizaga Moya y N. B. Ruiz Girón, «Mejora con Herramientas de Calidad en una Industria Automotriz, 22,» *Universidad Privada del Norte*, 2022.