Análisis del control de calidad manufacturera en una empresa transnacional

Ramiro Esqueda Walle, Jesús Marmolejo Rodríguez y Aldo Ramírez Rayas
Unidad Académica Multidisciplinaria Río Bravo
Universidad Autónoma de Tamaulipas
Río Bravo, Tam.; México.
[resquedaw, jmarmolejo, arayas] @uat.edu.mx

Abstract— We analyze the effectiveness of production quality control in an exporting manufacturing company with a high regional socioeconomic relevance in Tamaulipas. Based on a survey, the estimation of defects per unit and an Autoregressive Integrated Moving Average Models (ARIMA), the empirical analysis confirms that training quality control staff is a necessary action with a potentially significant impact on variables associated with the reduction of production costs. The effectiveness of training is therefore a determining factor in achieving and maintaining improvements in quality control in manufacturing production. Our findings suggest that the acceptance ranges for parts with defects should be standardized with the support of different elements integrated in a quality manual.

Keywords: Quality, Quality Control, Training, Manufacturing company, Inspection, Defect.

Resumen— Se analiza la efectividad del control de calidad de la producción en una empresa manufacturera exportadora con alta relevancia socioeconómica regional en Tamaulipas. Con base en estimación de los defectos por unidad, de una encuesta y de modelos autorregresivos integrados de promedio móvil (ARIMA); el análisis empírico confirma que capacitar al personal de seguimiento del control de la calidad es una acción necesaria y con impacto potencialmente significativo en variables asociadas a la reducción de costos productivos. La efectividad de la capacitación es por lo tanto un aspecto determinante para lograr y mantener mejoras en el control de calidad manufacturera. Los hallazgos sugieren que deben estandarizarse los rangos de aceptación en las piezas con defectos con el apoyo de distintitos elementos integrados en un manual de calidad.

Palabras clave: Calidad, Control de Calidad, Capacitación, Empresa manufacturera, Inspección, Defecto.

I. Introducción

Una de las metas en cualquier empresa es llegar a un estado óptimo en el que los procesos se lleven de manera eficiente, para ello es clave el logro de altos índices de calidad. Con base en esta consideración, se analiza el control de la calidad en el área de producción en una empresa manufacturera transnacional localizada en la zona sureste de la ciudad de Río Bravo, Tamaulipas, México.

Aumentar los niveles de calidad aporta múltiples beneficios más allá de la productividad y la rentabilidad, por ejemplo, las personas que trabajan con productos o servicios de alta calidad tienden a estar más satisfechos y se encuentran motivados lo que a su vez redunda en la calidad de su trabajo, sin embargo, esto solo se puede conseguir implementando acciones de capacitación. Así pues, López (2005) menciona que quienes reciben capacitación tienden a trabajar en equipo de manera efectiva para solucionar problemas relacionados con la calidad, también incrementan significativamente su confianza, por lo que el desempeño de las personas mejora sustancialmente.

Por otro lado, se obtienen beneficios en la economía de la empresa, ya que la buena calidad hace que el producto o servicio alcance un mayor precio, una mayor demanda y por ende un alto margen de ganancia. Mejorar la calidad en todos los procesos es algo que resulta cada vez más crucial por la creciente competencia que impone la globalización. Al respecto González (2000) afirma que en la actualidad las empresas que pretendan continuar en el mercado necesitan poseer buena productividad y calidad. En suma, impulsar la calidad es de gran importancia, ya que es un tema muy relevante para todo tipo de organizaciones, debido a que se relaciona con la

satisfacción de los clientes y, en este sentido, por sus implicaciones sobre la rentabilidad y desempeño (Esqueda, Marmolejo, Balderas, 2015).

La capacitación es de gran importancia, las empresas que carecen de un programa formal de capacitación en la que los empleados aprenden su trabajo por medio de otros trabajadores, presentan problemas a causa de ello, asimismo, se tiene que tomar en cuenta que no por ser un empleado experimentado es garantía de que será un buen maestro, ya que podría omitir información que para él es obvia, pero no para el nuevo integrante (Deming, 1989). A causa de esto, frecuentemente no se realiza de manera correcta la inspección a los productos en proceso de manufactura, y por consecuencia hay un aumento en el retrabajo de piezas, estancamiento productivo y hasta paros de línea. Otro de los efectos que trae esta situación es que en ocasiones existen rechazos de piezas de parte del cliente por defectos encontrados en ellas y como consecuencia un aumento en los costos de reenvió de producto.

Este artículo toma como referente un estudio de caso desarrollado por Navarro (2013) que entre otros puntos incluyó la creación de un manual de calidad para una empresa dedicada a la fabricación de transformadores. Dicho trabajo se adentra en el tema de la calidad y cuales métodos son óptimos para mejorar los productos y el control del proceso en sí. Concluye en la necesidad de establecer y mantener un sistema para revisar y controlar el pedido del cliente, para asegurar el cumplimiento de sus requisitos. Así como se abordó el tema en la investigación referida, hay otros que han realizado un abordaje similar, no obstante, sobre la empresa que se propone como unidad de estudio no hay ninguno publicado pese a la relevancia económica y social que tiene para Río Bravo (Tamaulipas) en términos de personal empleado, producción y volumen exportado.

Cabe precisar que según la información que se obtuvo en el trabajo de campo realizado en la empresa entre los años 2017 y 2018, a nivel interno se cuenta un procedimiento desarrollado a fines de 2015 para inspecciones de calidad y detección de defectos que ha sido de apoyo, pero con resultados muy limitados por ser una guía básica carente de pasos, de elementos visuales, formatos documentales u otro tipo de criterios específicos. Por ello se consideró factible y pertinente analizar la forma de efectuar el control y la capacitación en el área de calidad en la empresa seleccionada, siendo esto el objetivo principal de investigación. Se espera que la mejora del proceso de control de la calidad incremente su eficiencia, disminuya los costos de transporte y producción por devolución de producto, retrabajo de piezas y tiempos muertos y, en suma, impulse la competitividad organizacional.

En la siguiente sección del artículo se revisa y desarrolla el sustento teórico del estudio; en la tercera se describe la metodología; en la cuarta se exponen y detallan los resultados; en la quinta se presenta una propuesta integral para mejora del proceso de control de calidad, que entre otros elementos incluye ayudas visuales y diagramas para la capacitación del personal; y, en la última parte se abordan las conclusiones y reflexiones finales.

II. Revisión Literaria

La palabra calidad a lo largo del tiempo ha estado en constante cambio, también tiene distintas formas de conceptualizarse, depende de la perspectiva y énfasis de cada autor. A lo largo de los años han existido varios estudiosos que se destacaron por sus ideas y aportaciones sobre calidad, algunos de estos “gurús de la calidad” y otros enfoques relevantes son abordados enseguida.

Para Deming (1989) la calidad es un grado predecible de uniformidad y fiabilidad a bajo costo, adecuado a las necesidades del mercado. Es la uniformidad o equilibrio de un proceso o producto el cual tenga un bajo costo, pero tomando como base las necesidades y requerimientos definidos por el cliente. Crosby (1988) define el término como conformidad con las especificaciones o cumplimiento de los requisitos y entiende que la principal motivación de la empresa es el alcanzar cero defectos en sus procesos. Es decir, la calidad se alcanza cumpliendo los requerimientos o diseños definidos por las organizaciones, tomando como base la voz del cliente y motivados en alcanzar un estado óptimo en el que se tengan cero defectos en los procesos. Por su parte, Juran (1990) la define como adecuación al uso, esta definición implica una adecuación del diseño del producto o servicio (calidad de diseño) y la medición del grado en que el producto es conforme con dicho diseño (calidad de fabricación o conformidad). Es decir, primero hay que adecuar el diseño con lo requerido por los clientes y asegurarse que lo producido sea conforme al diseño ya definido. Es así como Berry (1995) brinda su interpretación sobre la calidad centrada en las expectativas del cliente, ya sea sobre lo que se recibirá como producto o servicio,

lo que realmente obtiene y si en verdad o no satisface sus necesidades. Con este último se advierte una conceptualización más amplia respecto a las previas, ya que incluye la relación entre lo que se espera o desea y lo que se obtiene.

Los avances en el estudio sobre el tema y la diversidad conceptual condujeron a la *International Organization for Standardization* (ISO) a establecer en el estándar ISO 9000 que la calidad es el "…grado en el que un conjunto de características inherentes a un objeto (producto, servicio, proceso, persona, organización, sistema o recurso) cumple con los requisitos". La finalidad en todos los casos es satisfacer los requerimientos y necesidades de sus consumidores. En pocas palabras, tal y como sugieren Ruíz y López (2004), es la adecuación al uso satisfaciendo las necesidades del cliente.

Más allá de lo conceptual, los enfoques y estrategias para promover e impulsar la calidad han ido evolucionando a lo largo del tiempo y se pueden distinguir seis etapas. La primera fue la "artesanal" en la que se buscaba hacer las cosas de la mejor manera posible para así satisfacer al cliente, sin importar el tiempo que tomara, ni los recursos utilizados. La segunda denominada "inspección" comenzó en 1800 y se basaba en la detección de uniformidad del producto, es decir se basaba en inspeccionar el producto para detectar si había diferencias con respecto a las especificaciones por medio de estándares y mediciones. Esta etapa como su nombre lo indica tenía como base la inspección del producto para así garantizar su calidad.

La tercera etapa fue el "control estadístico de la calidad", en ésta se buscaba tener control sobre el proceso y así reducir la inspección del producto, se hacía por medio de técnicas estadísticas. La siguiente etapa llamada "aseguramiento de la calidad" procuraba coordinar esfuerzos para en conjunto prevenir fallas y posibles causas de defectos en los productos o servicios. La quinta etapa corresponde a la "administración de la calidad total", la cual consistía en planear estratégicamente los procesos y servicios y mejorar continuamente con énfasis en las necesidades del cliente y mercado. La última etapa inició alrededor del 1980, se basaba en reestructurar las organizaciones y mejorar continuamente para así poder competir por los clientes en un mercado globalizado, esta fase se enfoca en el cliente y en reducir los defectos en los procesos a niveles de alta eficacia (Gutiérrez, 2014).

Así pues, en cada una de estas etapas se observa una preocupación creciente por mejorar la calidad en los procesos o productos, cada una con énfasis en los aspectos que consideraba determinantes para llegar al resultado esperado. Sin lugar a duda los avances tecnológicos y los paradigmas económicos, políticos y sociales han influido notablemente, empero, buscar mejorar la eficiencia con la que se realizan los procesos en cualquier negocio o empresa es de vital importancia, ya que tiene un sin número de beneficios económicos, administrativos y de sistema. Contar con altos estándares de calidad asegura que el producto o servicio sobresaldrá de los demás competidores, mejorará la relación cliente-proveedor y esto se traducirá en mayor rentabilidad. En forma general se traduce en mayores niveles productividad y competitividad lo cuál es clave no sólo en términos empresariales y monetarios, si no también para el bienestar y desarrollo socioeconómico (Esqueda, 2016).

Por otro lado, diversas técnicas y herramientas se han desarrollado para contribuir al control de la calidad. Entre los primeras se encuentra el "diagrama espina de pescado" también llamado "diagrama de Ishikawa" en honor a su creador. Consiste en identificar las causas raíz que ocasionan un problema y sirve para analizar mejor los factores que influyen. Este connotado experto otorga especial relevancia a la capacitación como medio para mejorar la calidad (Ishikawa, 1997).

Por su parte Deming (1989) aporta lo que fue su principal teoría, los catorce principios, cuya filosofía radica sobre cómo deben funcionar las empresas con el fin de lograr la mejora de la calidad y detalla una serie de pasos o acciones que ayudarían a gestionarla. Es así como su método se sintetiza en los denominados círculos de calidad que integran como proceso los siguientes cuatro pasos: planear, hacer, verificar y actuar.

Otra aportación importante fue la cimentada por Juran (1990) la cual hacia énfasis en la responsabilidad de la administración para cumplir con las necesidades de los clientes y fue llamada la trilogía de la calidad. Este es un referente de la administración funcional integrado por tres procesos administrativos: planear, controlar y mejorar. Con la implementación de este sistema se pueden diseñar proyectos de mejora para reducir los costos que genera la ausencia de la calidad.

Destaca por último el planteamiento de Crosby (1989) quien señala que, para alcanzar altos estándares de calidad, es imprescindible construir un sistema para la prevención, cuyo estándar sea cero defectos. Es por lo que impulsó los principios absolutos de calidad como una filosofía administrativa. El primer principio establece

cumplir con los requerimientos, el segundo contempla la prevención la cual debe orientarse a evitar o minimizar el surgimiento de problemas, el tercero asume como estándar de calidad la meta de cero defectos y el cuarto y último refiere que las desviaciones son el medida y costo de la inconformidad, por no cumplir con los requisitos.

Los estudiosos citados realizaron notables contribuciones para profundizar la comprensión de la calidad y como implementarla, tanto en los procesos productivos como en todas las actividades organizacionales. Algunas centradas en las actividades administrativas realizadas por la alta gerencia, otras en la implementación de sistemas de gestión de la calidad y en el desarrollo de instrumentos para optimizar los procesos, pero todas resaltando como necesaria la capacitación efectiva de todo el personal.

En forma más puntual y por su vínculo instrumental con el caso de estudio propuesto en el artículo, se aborda la revisión de elementos clave del control de la calidad en el proceso fabril de una empresa manufacturera de exportación conforme lo que establece la norma ISO 9001: 2015. De esta manera, un manual de calidad es el documento que establece los objetivos y los estándares de calidad de una compañía. A la par, se trata de una herramienta que muestra las tareas a realizar, y la forma adecuada de realizarlas, también cuenta con diagramas e ilustraciones que apoyan al inspector a realizar su trabajo. Cuenta con una descripción de las tareas a realizar ordenadas y en secuencia que en conjunto llevan a una meta. También detalla distintos factores que el inspector debe conocer para poder realizar de manera adecuada su trabajo.

El término "inspección" es la evaluación de la conformidad mediante observación y dictamen, acompañada cuando sea apropiado por medición, ensayo/prueba o comparación con patrones. La inspección se realiza para examinar las piezas en el proceso de producción y tiene como finalidad dar un estatus a cada una de ellas, así como también, identificar y señalar algún defecto encontrado. Es un punto necesario cuando no se tiene un control total sobre el proceso, y se realiza al cien por ciento del material fabricado. Lo anterior se relaciona estrechamente con los defectos, los cuales se perciben como el incumplimiento de un requisito asociado a un uso previsto o especificado. La distinción entre los conceptos "defecto" y "no conformidad" es importante por sus connotaciones legales, particularmente aquellas asociadas a la responsabilidad legal de los productos puestos en circulación.

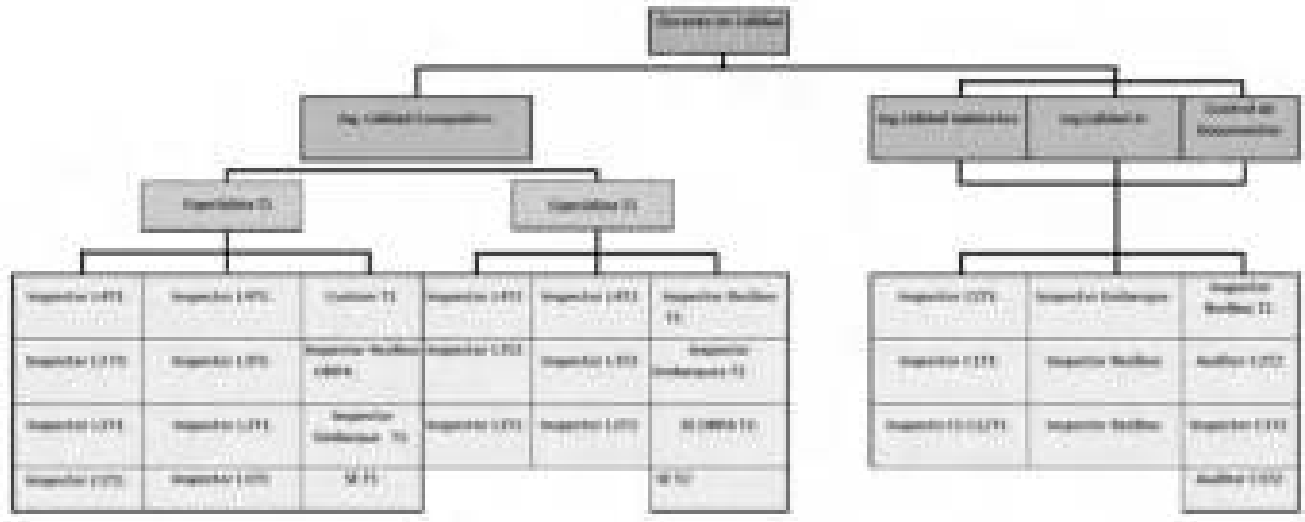
De la mano con estas nociones se encuentran las "instrucciones de trabajo", las cuales ayudan a realizar de manera correcta la inspección y explican detalladamente cómo se realizan. Se trata de documentos en dónde se detalla cómo se realiza cierta operación, a diferencia de los procedimientos documentados, en los que se indica qué es lo que se hace, quiénes son los responsables, entre otros aspectos. Es así como contar con un manual de inspección ayuda a la correcta realización del proceso de inspección, además de brindar información necesaria para lograr llevar a cabo tareas definidas en los procesos productivos. Contar con un manual de este tipo tiene como función controlar el cumplimiento de las prácticas de trabajo, describir las tareas a realizar, ayuda en la inducción del puesto, adiestramiento y capacitación del personal y facilita los trabajos de auditoría. Por otro lado, facilita al inspector a realizar su trabajo de manera rápida y eficiente, ya que aporta diferentes herramientas que facilitan al personal de calidad a realizar dicha tarea, más que nada en la capacitación e inducción de nuevos integrantes en el departamento. Cabe precisar que los elementos conceptuales descritos se abordan en el contexto del área de producción, la cual se refiere al espacio donde se realizan tareas de manufactura y tiene como función principal convertir la materia prima y demás insumos en un producto terminado.

III. METODOLOGÍA

La empresa que objeto de estudio tiene poco más de 20 años de operaciones, sin embargo, en 2007 fue adquirida por un corporativo estadounidense por lo que por sus operaciones se puede definir como una empresa transnacional cuyo principal mercado es también el de su origen. Conforme a criterios establecidos en el Diario Oficial de la Federación (2009), se trata de una empresa grande y su plantilla de personal ocupado asciende aproximadamente a 700 individuos (cifras de enero 2018), que la ubican en este rubro como la segunda más grande del municipio. Por su actividad se trata de una empresa del giro manufacturero y según el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN), se clasifica a nivel de seis dígitos (clase económica) con el código 337110 (Fabricación de cocinas integrales y muebles modulares de baño). Específicamente fabrica una extensa línea de gabinetes para baño y cocina de distintas gamas y presentaciones. Cuenta con dos áreas de pro-

ducción donde se fabrican los diferentes productos que oferta, también cuenta con un área de embarques, almacén, inspección de entrada, cuarto de formulación, almacén de moldes, almacenes de materia prima y oficinas administrativas. El área de producción donde se realizó la presente investigación cuenta con aproximadamente 450 personas. Enseguida se presenta el organigrama del departamento de calidad.

Fig. 1. Organigrama del departamento de calidad.



En específico el área en la que se desarrolla en análisis está compuesta por un gerente de calidad, una ingeniería en composites (de acuerdo con el producto), ingeniería en calidad de gabinetes, ingeniería de calidad junior y un área responsable de control documental. El personal de esta área se encarga de gestionar la calidad. El inspector de calidad es quien se encarga de inspeccionar las piezas y liberar el material producido; el auditor de calidad tiene como actividad principal auditar y supervisar el proceso de producción; el especialista de calidad es el encargado de apoyar a los inspectores y resolver cualquier problema concerniente con el desperdicio en la planta y dar apoyo al personal de producción; el ingeniero de calidad es el encargado de monitorear los defectos en las piezas y el porcentaje de desperdicio en las líneas de producción y dar solución a los problemas que tengan vinculación con el producto; el gerente de calidad es la persona encargada de administrar y controlar todo lo relacionado con la calidad en el producto, como lo son los indicadores de desperdicio y dirigir el departamento (Fig. 1).

La metodología analítica fue de tipo mixto. Por la parte cualitativa destacan varias técnicas, entre ellas el trabajo de campo que consistió en visitar la empresa en diez ocasiones a lo largo de un periodo de un año y medio entre mayo 2017 y noviembre de 2018, para conversar con los responsables de las áreas de calidad y producción y observar los procesos, es así como se registró cada visita mediante cuadernos de observación y mediante fotografías se documentó el proceso productivo. Se aplicó también una encuesta (véase anexo 1) al personal operativo de inspección de la calidad. No fue necesario realizar muestreo, ya que se encuestó a los cinco inspectores responsables de auditar la calidad de las piezas fabricadas.

Los métodos cuantitativos que sustentaron el resto de las estimaciones se describen enseguida. El utilizado para detectar los defectos mediante inspección visual en lotes de producción se realizó mediante el *Open Box Process Audit (OBPA),* para determinar los Defectos por Unidad (Dpu). Esta técnica se ha aplicado en diversos trabajos empíricos (*cfr.* Ángeles, 2013; Resende de Carvalho, 2017 y Vidal, Aguas y Puello, 2018). Se basa en inspeccionar piezas que ya han sido empaquetadas, esto con la finalidad de auditar y garantizar la calidad del producto. El indicador OBPA se da como resultado de inspeccionar cierto número de piezas y contar los defectos encontrados, después la cifra de defectos se divide entre las piezas auditadas y se obtiene el resultado (ver ecuación 1).

$$Dpu = (1 \dots n)\ \frac{\sum d}{\sum a} \tag{1}$$

Donde *d* son el número de defectos y *a* son el número auditorías realizadas. Cabe añadir que los meses con datos históricos son nueve con base en los registros proporcionados por la empresa. Es así como para efectos de realizar las proyecciones para estimar los defectos y ahorros con base en los datos históricos fueron por medio de un modelo autorregresivo integrado de promedio móvil (ARIMA), cuya ecuación general es:

$$\hat{y}_t = \mu + \phi_1\, y_{t-1} + \dots + \phi_p\, y_{t-p} - \theta_1 e_{t-1} - \dots - \theta_q e_{t-q} \tag{2}$$

Dado que se asume que la serie es estacionaria y autocorrelacionada, los pronósticos se estiman como un múltiple de su propio valor más una constante, se trata de un modelo autorregresivo de primer orden, por lo que la ecuación es la siguiente:

$$\hat{Y}_t = \mu + \phi_1 Y_{t-}1 \tag{3}$$

Donde *Y* se rezaga por sí misma un periodo. Si la media de *Y* es cero, entonces el término constante no se incluiría. Si el coeficiente de pendiente ϕ_1 es positivo y menor que 1 en magnitud (debe ser menor que 1 en magnitud si *Y* es estacionaria), el modelo describe el comportamiento de reversión de la media en el que el valor del próximo período debe predecirse ϕ_1 veces más que la media de este período. Si ϕ_1 fuera negativo, predice el comportamiento de reversión de la media con alternancia de signos, es decir, también predice que Y estará por debajo de la media el próximo período si está por encima de la media de este período (Véanse Pindyck y Rubinfeld, 2001 como referente general y como aplicación empírica Kotu y Deshpande, 2019).

IV. Resultados

Los principales resultados de la encuesta referida en la metodología y presentada en el anexo 1, fue diseñada con un enfoque de identificación de soluciones oportunas, arrojó lo siguiente. ¿Alguna vez has tenido problemas para identificar y diferenciar los defectos? El 89% de los encuestados dijo que, si y el 11% aseguro que no, se puede apreciar que la gran mayoría acepta haber tenido dificultades operativas. ¿Conoces todos los defectos que están en la lista de defectos de "Planta 3 Composites"? El 44% de los encuestados afirma que no conoce todos los defectos que se pudieran encontrar en el producto que inspecciona, esto es alarmante ya que esta información indispensable para realizar eficientemente su trabajo. ¿Crees que fuiste bien capacitado cuando iniciaste como inspector de Calidad? El 78% de los inspectores asegura no haber recibido la capacitación adecuada para realizar la labor de inspección. ¿Crees que sería de utilidad un manual de inspección de Calidad? El 89% de personal entrevistado afirma y está convencido que se necesita un manual de capacitación para realizar las inspecciones, ya que en algún momento de su estadía han tenido problemas para realizar su trabajo.

Como se puede apreciar en los resultados obtenidos, los inspectores enfrentan dificultades al identificar los defectos y están de acuerdo que es necesaria la implementación de un manual de inspección de calidad. Sobre todo, hace falta el capacitar bien al personal cuando inicia su trabajo como inspector, esta herramienta sería de gran ayuda para lograr este objetivo. Relacionado a esto, se puede los siguientes datos del mes de septiembre de 2018, permiten cuantificar la diferencia entre un inspector nuevo y uno experimentado, ya que el personal experimentado conoce los defectos y sus tolerancias es por eso que marca únicamente los defectos críticos mientras que el novato marca todos los defectos que encuentra, por ello es menos eficiente (ver Tabla 1).

Además de la ineficiencia en la inspección, otra consecuencia es que las piezas se empiezan a acumular en la línea y hay un aumento considerable de retrabajos y a causa de esto aumento en costos logísticos y de producción lo cual es de gran magnitud si se incluye en el análisis datos históricos del mismo periodo muestral en cuanto al registro de piezas rechazadas por defectos de manufactura más las rechazadas en total mediante el proceso

Dpu (OBPA) establecido en la metodología (ver ecuación 1), ya que tan sólo en ese mes se detectó un registro de 86 unidades que no cumplieron los requisitos de calidad (Tabla 2).

Tabla 1. Defectos encontrados: inspector novato *vs* experimentado.

Personal	Piezas inspeccionadas	Defectos marcados	Piezas rechazadas	Piezas liberadas
Novato	20	28	14	6
Experimentado	20	14	6	14

Información proporcionada por la empresa.

Tabla 2. Costos por rechazo.

Mes	Piezas rechazadas por defectos de manufactura	Costo (dólares)	Piezas rechazadas en total	Costo Total (dólares)
sep-18	25	$ 1,107.00	86	$ 3,730.00

Información proporcionada por la empresa.

Además de la disminución de la eficiencia y productividad del proceso, se puede apreciar como las piezas no inspeccionadas correctamente tienen un gran impacto financiero, ya que tan sólo en el mes de septiembre 2018 el costo total por defectos es de más de $3,700 dólares. Cabe añadir que esos registros y los siguientes corresponden a una de las tres líneas de productos descritos en la siguiente sección del artículo, sin embargo, la tasa de defectos y los costos son proporcionalmente los mismos por lo que por defectos el área de producción sufrió una merma mensual global de aproximadamente de $11,200 dólares.

A partir de los datos anteriores se extendió el análisis considerando registros estadísticos históricos proporcionados por la empresa, de forma tal que se conformó una base de datos con nueve periodos mensuales que comprenden de enero a septiembre de 2018. El comportamiento del número de rechazos es variable, pero con una clara tendencia ascendente, lo que refuerza la necesidad de atender la ineficiencia del proceso de inspección dado que los costos pudieran incrementarse de manera significativa (ver gráfica 1). Por lo tanto, para dimensionar los costos anuales, se implementaron varios modelos estadísticos derivados de las ecuaciones 2 y 3 (véase apartado metodológico). De este modo, se estimaron las proyecciones anuales, es decir, pronósticos del comportamiento de los rechazos por defecto. El desempeño histórico y los modelos estimados se representan en la siguiente gráfica.

Como puede advertirse, la Gráfica 1 condensa gran cantidad de información sobre el historial de rechazos, siendo el mes uno enero 2018 y así sucesivamente, hasta el mes 9 (septiembre) y de ahí en adelante se visualizan las proyecciones mensuales y las respectivas ecuaciones que explican su ajuste. Es muy notoria la diferencia entre los modelos predictivos, sin embargo, tal y como se detalló en la metodología, el modelo ARIMA, se confirma gráficamente como una opción consistente, ya que de hecho exhibe una tendencia intermedia entre las proyecciones de los modelos lineal y potencial. Los datos estimados llegan hasta el mes 15, correspondiente al mes de marzo 2019. Con esta información se procedió a realizar la estimación de costos por rechazo, que bajo el panorama del modelo ARIMA y manteniendo las tasas de defecto constantes, se tendría un costo anualizado de abril 2018 a marzo 2019 (para balancear los periodos reales y proyectados) de $34,574 dólares por concepto de 797 piezas rechazadas (véase Tabla 3). Si bien en ninguna empresa se pueden evitar la existencia de defectos en la producción y por consecuencia siempre habrá costos de esta naturaleza, el monto calculado es muy alto, ya que es por concepto de una sólo línea de producto, de manera que el costo por las tres líneas asciende a poco más de $103,000 dólares, equivalentes a $2,027,000 pesos (al tipo de cambio promedio estimado para 2020; $19.68 pesos por dólar, *cfr.* Banxico, 2019).

Gráfica 1. Estimación de piezas rechazadas totales por línea individual de producto.

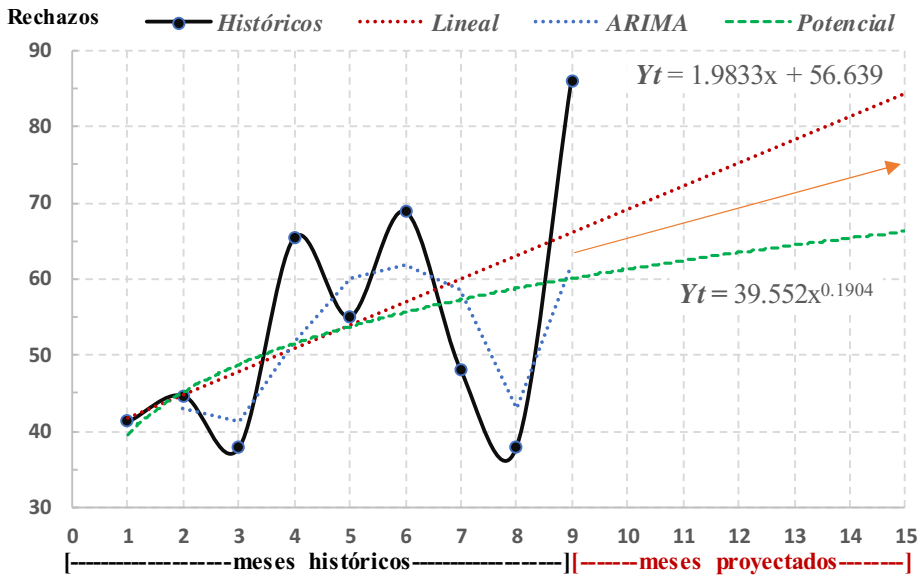


Tabla 3. Proyección mensual por una línea de producto de piezas rechazadas, costos y ahorros.

Mes	Piezas rechazadas por defectos en manufactura	Piezas rechazadas en total. Modelo ARIMA-Potencial	Costo total (dólares)	Ahorro estimado (dólares) Escenario intermedio
ene-18	12	41	$1,790	$716
feb-18	13	45	$1,940	$776
mar-18	11	38	$1,641	$656
abr-18	19	65	$2,835	$1,134
may-18	16	55	$2,387	$955
jun-18	20	69	$2,984	$1,194
jul-18	14	48	$2,089	$836
ago-18	11	38	$1,641	$656
sep-18	25	86	$3,730	$1,492
oct-18	SD	69	$2,988	$1,195
nov-18	SD	70	$3,055	$1,222
dic-18	SD	72	$3,121	$1,248
ene-19	SD	73	$3,185	$1,274
feb-19	SD	75	$3,248	$1,299
mar-19	SD	76	$3,310	$1,324

*Datos estimados a partir del mes de septiembre.
**Ahorro con base en una tasa de ahorro de 40% respecto a costos totales.

Sin lugar a duda, los costos monetarios anuales globales por rechazo son muy elevados, empero, si se consideran otro tipo de costos intangibles como del deterioro de la imagen corporativa, del ambiente laboral y el

posicionamiento de mercado, se tiene que el costo de oportunidad a corto plazo de no emprender acciones para impulsar la eficiencia del control de calidad productiva es crítico. Este desempeño más los resultados de la encuesta a los inspectores del área -descrita al inicio de este segmento-, justifican la necesidad de implementar un programa de capacitación sistemático. En este sentido es que en el siguiente apartado se plantean los elementos que integran la propuesta de capacitación basada en un manual sistematizado. En pruebas piloto que se efectuaron a mediados de 2018, se pudo evidenciar que el personal nuevo capacitado a partir de una herramienta con las características propuestas mostró una efectividad de entre 35% a 55%.

Con base en la ecuación predictiva derivada de los modelos estadísticos calculados se proyectaron los ahorros después de implementar la capacitación considerando un escenario conservador de ahorro del 40% respecto a los costos totales por rechazo. Se considera razonable dado que la media de efectividad del experimento pilotó fue de 45%, sin embargo, siempre es preferible contemplar un parámetro realista. En términos financieros y en forma anual por línea individual de producto y siguiendo la misma dinámica del análisis, de abril 2018 a marzo 2019, se tendría un ahorro estimado de $13,829 dólares que, al multiplicarse por las tres líneas, daría un total de $41,400 dólares, equivalentes a poco más de $800,000 pesos (ver Tabla 3).

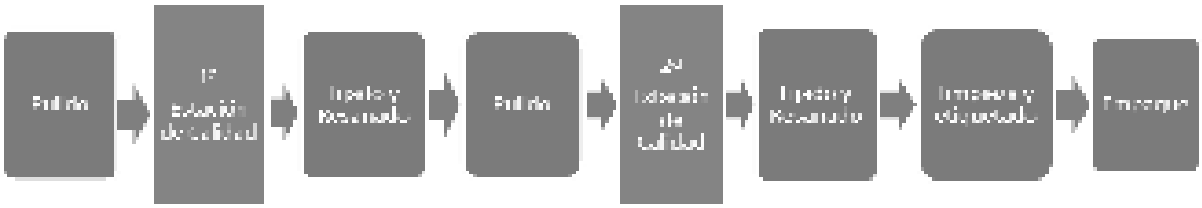
El ahorro calculado por mayor efectividad de la inspección de calidad es de una magnitud muy significativa, ya que lograrlo no implica una inversión monetaria previa, en realidad sería producto de tomar decisiones gerenciales y destinar tiempos a la integración de manuales y a la capacitación del personal ya existente en primera instancia. Otra perspectiva de la magnitud del ahorro sería considerar que si se lograra el ahorro proyectado anual permitiría más allá del incremento de utilidades la posibilidad de invertir en expandir la capacidad productiva, tecnológica o para mayores controles de calidad. Sobre todo, se lograría disminuir significativamente las unidades rechazadas por el cliente y por ende fortalecer la reputación de la empresa.

V. Propuesta de mejora

Actualmente, en el área de estudio no se cuenta con un manual de inspección para capacitar sistemáticamente al nuevo personal de calidad, es así que los inspectores se transmiten el conocimiento unos a otros conforme se van incorporando a este puesto. A causa de ello los inspectores no realizan su trabajo de forma eficiente tal y como evidenció con las estimaciones en la sección de resultados, lo que además de los costos productivos más altos, tiene como consecuencia que algunas piezas lleguen al cliente con defecto de manufactura, lo que trae como resultado costos logísticos y más grave aún, la perdida de confiabilidad y con ello la disminución de la cartera de clientes.

El Departamento de calidad tiene como prioridad inspeccionar y monitorear todos los procesos y factores que influyen en la fabricación de los productos, así como también de inspeccionar las piezas para su análisis con el fin de mejorar su calidad. Con el fin de cumplir con estos estándares se utilizan las herramientas de la calidad como lo son; gráficos de Pareto, histogramas, gráficas de control, diagramas de causa y efecto, entre otros, para tener control y monitorear constantemente el proceso de fabricación. Para lograr una mejor comprensión de la operación que se realiza, es muy importante que el futuro inspector de calidad conozca cómo funciona y cuál es la finalidad de cada una de las actividades que se realizan en el área donde se desempeñará. A continuación, se muestra un diagrama en el cual se puede apreciar de mejor manera el flujo del proceso.

Fig. 2. Flujo del proceso fabril.



La figura 2 muestra el proceso de acabado de los productos manufacturados en el área de producción. Esta es la última etapa de fabricación, ya que para llegar a manufacturarlo se tiene que pasar por varias etapas las cua-

les le dan forma a su estructura. Como se puede observar las líneas de producción cuentan con dos estaciones de calidad, en cada una de ellas se realizan inspecciones al producto, por ser la última etapa de elaboración. El inspector de calidad se encarga de revisar las piezas que se estén fabricando, así como también de señalar los defectos encontrados y de capturar la información en un sistema (sistema de lavabos), con la finalidad de monitorear de manera continua el proceso de producción. En esta línea, se manufacturan lavabos, placas y ovalines.

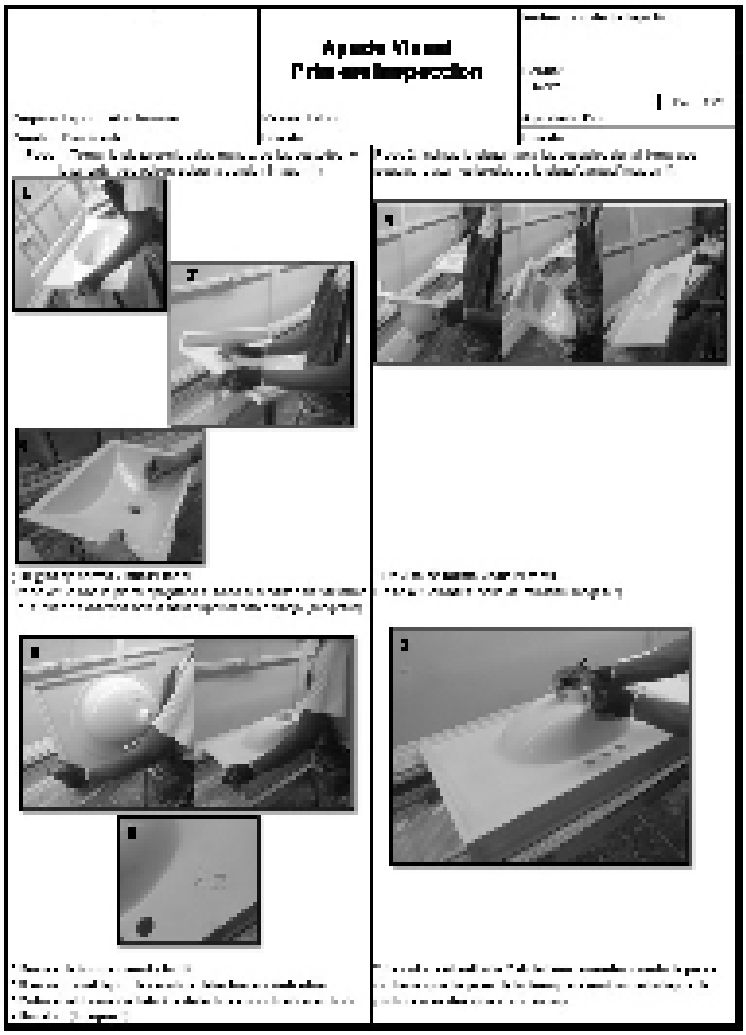
Contar con un sistema para facilitar el aprendizaje del proceso de inspección es clave para mejorar la eficiencia del proceso, por lo que a continuación se presentan propuestas diversas, dividiendo en dos etapas esta función. En este sentido, se plantean instrucciones de trabajo para la primera inspección para realizar dicha tarea.

Instrucciones para realizar primera inspección:

1. Se deberá revisar la pieza en busca de defectos.
2. Si se encontró algún defecto, se indica poniendo una marca con el lápiz indicando la ubicación del defecto y la acción a realizar.
3. Se gira la pieza y se escribe el código de cada defecto encontrado en la pieza (cara inferior).
4. Colocar el sello de calidad si se libera la pieza (ver proceso de inspección de calidad).

Una vez terminado el proceso de inspección se coloca la pieza como se indica y se repite el mismo procedimiento con la próxima pieza. En muchas ocasiones es necesario utilizar ayudas visuales para orientar dicha tarea y de esta forma estandarizar la operación, seguidamente, se muestra el formato para la primera inspección (Fig. 3).

Fig. 3. Formato de ayuda visual de primera inspección.



De igual manera se presentan las instrucciones de trabajo para realizar la segunda inspección, ésta se realiza enseguida de la primera para asegurar que las piezas que tuvieran defectos hayan sido reparadas. Las instrucciones propuestas para realizar la inspección son:

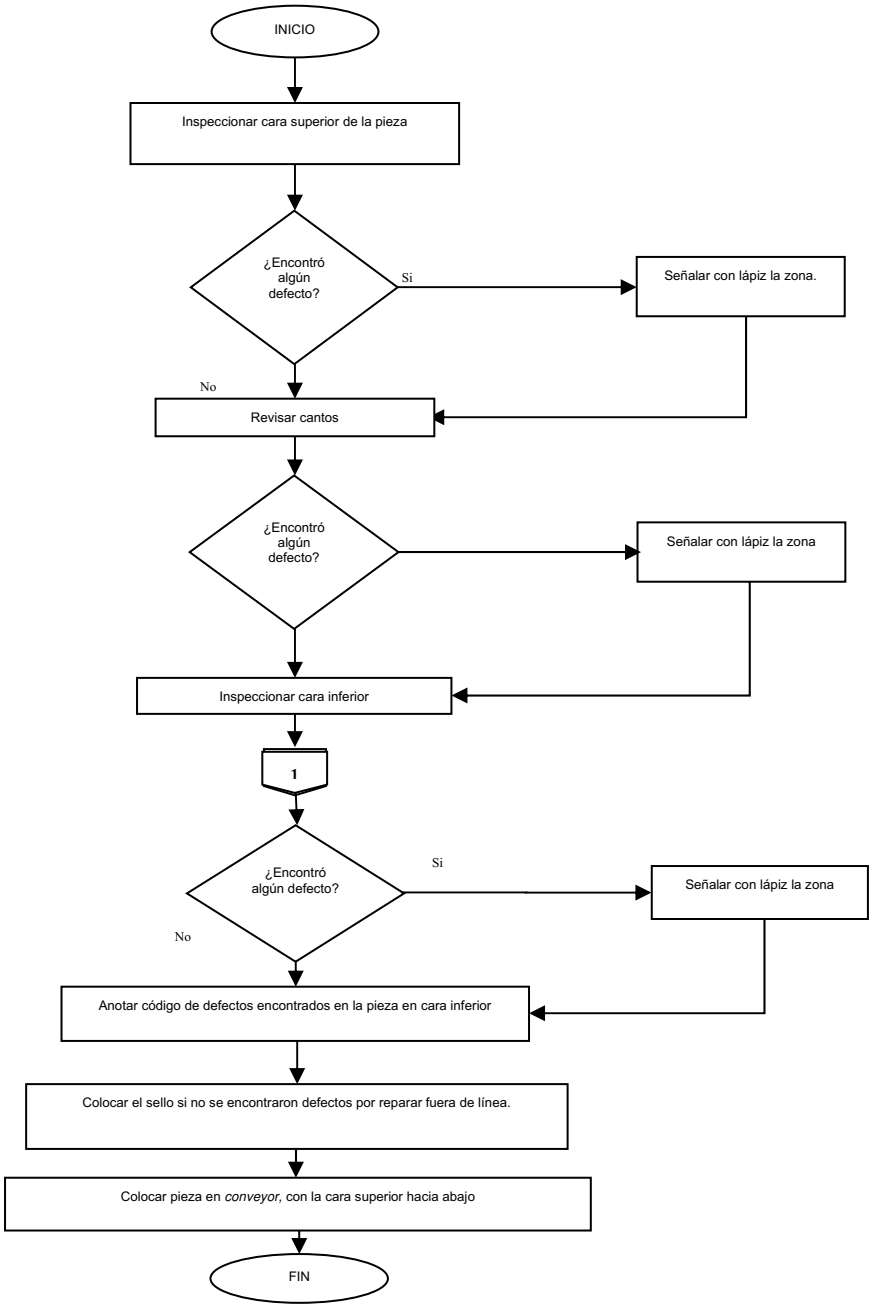
1. Se revisa la pieza solamente cuando no haya sido liberada por la primera inspección.
2. Revisar la pieza en busca de defectos o en su caso hayan sido reparados los defectos encontrados en la primera inspección.
3. Marcar con lápiz si se encontró algún defecto o una mala reparación.
4. Girar la pieza y ponerla con la cara inferior hacia arriba.
5. Colocar el sello de calidad si la pieza cumple con los estándares de calidad.
6. Si la pieza no paso la inspección se coloca en el *conveyor system* y se comienza con la siguiente pieza por inspeccionar.

De igual forma se propone un formato de ayuda visual para facilitar la operación de la segunda inspección, la cual es de igual importancia y es necesaria para realizar asegurar la calidad en el producto (Fig. 4).

Fig. 4. Formato de ayuda visual de segunda inspección.

A continuación, se muestran dos diagramas de flujo, los cuales se pueden utilizar como guía para estandarizar la forma en que se realiza la inspección y de esta manera facilitar dicha tarea y aumentar su eficiencia. El objetivo es que se pueda percibir de una forma sistemática de inspección, la cual se realiza paso por paso, en la que para continuar se tiene que asegurar que las piezas no contienen defectos que tengan que repararse (ver figuras 5 y 6). Se desarrolló esta herramienta, ya que facilita la capacitación del nuevo personal en el departamento, además que ayuda a identificar los pasos para realizar el proceso y a reconocer mejoras en dicha tarea.

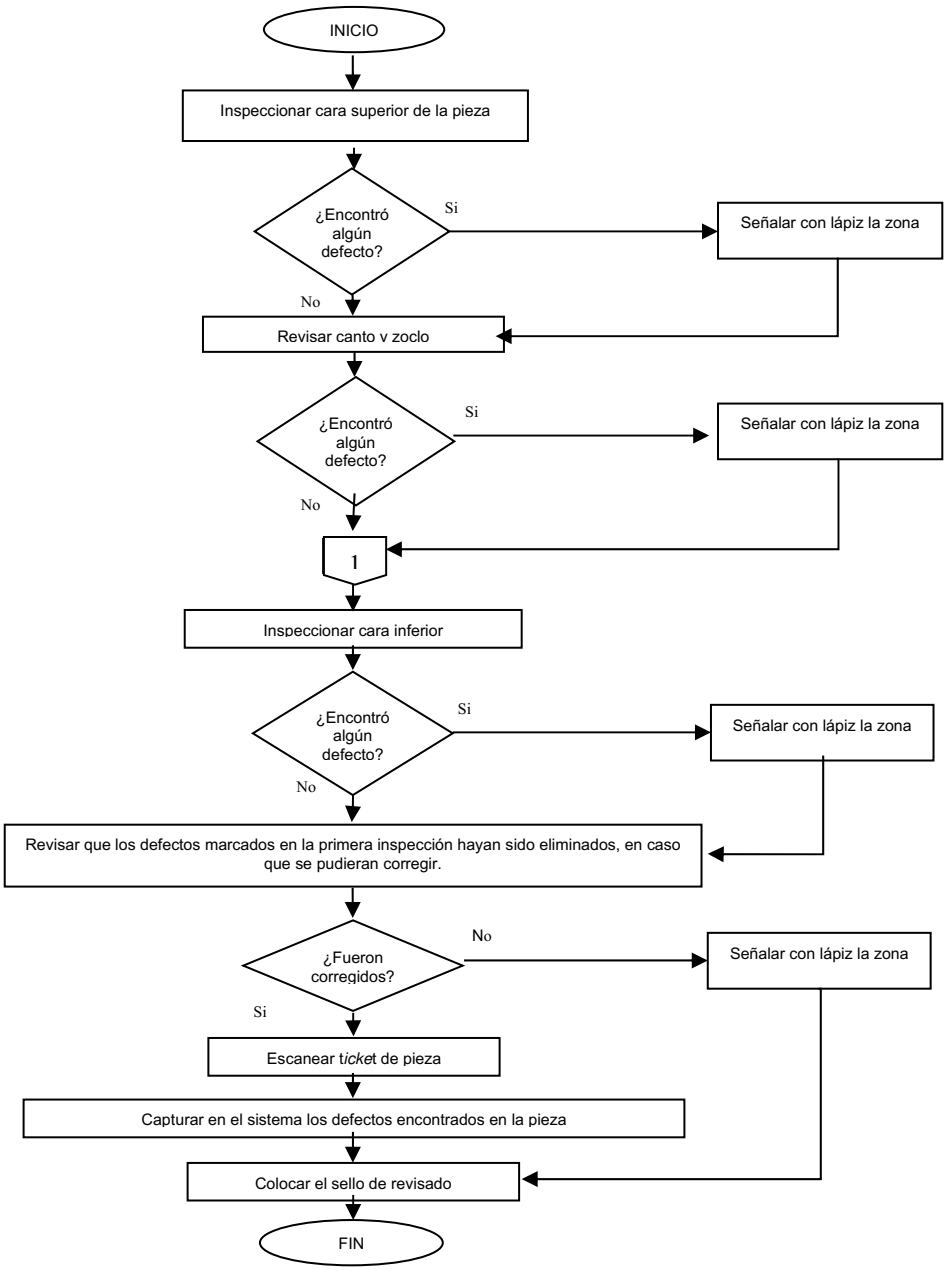
Fig. 5. Proceso de la primera inspección de calidad.



Los defectos originados en el proceso de manufactura son muy variados, ya que en cada parte del proceso se pueden generar fallas debido a diferentes factores inherentes al mismo. Es por lo que se clasificaron dependiendo la parte del proceso en donde se haya originado, de esta manera se facilita su detección. Estos se catalogan en las siguientes categorías:

1. Moldes: Defectos a causa de moldes dañados
2. Preparación: Defectos a causa de la preparación del molde.
3. Formulación: Defectos causados por la formulación de la materia prima.
4. Pintura: Defectos de pintura.
5. Llenado y desbaste: Defectos a causa del proceso de llenado y por el desbaste de la pieza.

Fig. 6. Proceso de la segunda inspección de calidad.



Al realizar la inspección del producto se debe tener definida la forma en que se realizará y señalarán los desperfectos encontrados en el material, además de conocer qué tipo de retrabajo se debe realizar y como se instruye tarea, en la cual se utiliza una abreviatura para agilizar el proceso. A continuación, indican los retrabajos.

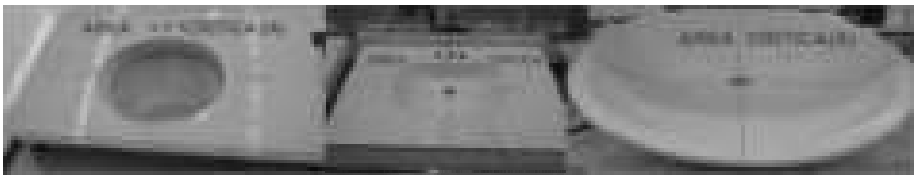
- Pintura (Pt): se utiliza cuando se encuentra un defecto que necesita una reparación con pintura.
- Lija (L): se utiliza cuando se encuentra un defecto que solo necesita ser lijado.
- Reparación (REP): se utiliza cuando una reparación de pintura no cumple con los estándares de calidad.
- Filos (F): se utiliza cuando se requieren ser lijados los bordes o esquinas inferiores del lavabo.
- Pasta (P): se utiliza cuando la pieza necesita una aplicación de pasta para resanarla.
- Pasta Fresca (Pf): se utiliza cuando la pasta aplicada no se ha solidificado.
- Brillo (B): se utiliza para señalar cuando la pieza necesita de brillo.

El inspector de calidad y los operadores deberán conocer esta información, ya que con esta simbología se indica el retrabajo a ejecutar. De esta manera, los operadores de producción sabrán qué tipo de defecto es y que reparación necesita. Por otor lado, los siguientes son defectos que se presentan con mayor frecuencia y son críticos para el diseño del producto y afectan de manera significativa el diseño y la imagen estética del producto.

- Descostillados y deslaminados.
- Sarro.
- Pintura estrellada.
- Filos.

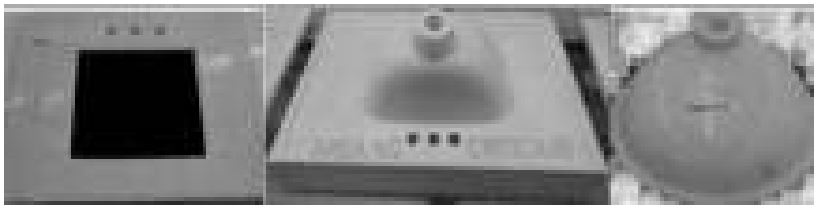
También para mayor efectividad del proceso de inspección, se propone dividir la pieza hipotéticamente en dos partes. El área que estará más expuesta a observación por parte de los usuarios, la cual es la cara superior de la pieza, designada como Área Crítica "A" (Figura 7). La siguiente es la parte inferior, la cual llamaremos Área no Crítica "B".

Fig. 7. Áreas críticas de piezas a inspeccionar "A".



Las imágenes anteriores muestran las áreas designadas como críticas con base a la utilidad y finalidad de la pieza, ya que esta área es la más visible debido al uso que se le dará, la cual, está en constante contacto con el usuario, siendo lo que le da la forma estética del producto.

Fig. 8. Áreas no críticas de piezas a inspeccionar "B".



Para realizar correctamente el trabajo de inspección de calidad se debe tener bien definido qué es lo que se busca y sus principales características. Con tal propósito se construyó una matriz de defectos que muestra el nombre de cada uno de los defectos y una imagen en donde se aprecian sus atributos y aspecto, además del código con el que se identifica cada uno y en algunos casos los rangos de aceptación de la pieza, es decir la tolerancia respecto al tamaño del defecto y en base al área donde se encuentre. Por lo tanto, se cuenta con información suficiente para emprender la capacitación de nuevo personal y facilitar el aprendizaje. Esta herramienta comple-

menta las anteriores y en conjunto se pueden integrar en un manual de calidad para la capacitación de inspectores y operadores del proceso de producción (véase anexo 2).

VI. Conclusiones

Definitivamente, altos estándares de calidad no son resultado de la espontaneidad ni de un proceso estático, ya que como se expuso a lo largo del trabajo, son resultado de la implementación de sistemas o procedimientos integrales de mejora continua basados en métodos y herramientas que aseguren o al menos contribuyan de manera efectiva el cumplimiento de los requisitos por parte de los clientes internos y externos. El análisis empírico confirma que capacitar al personal de las áreas involucradas en el seguimiento del control de la calidad es una acción necesaria y con un impacto potencialmente significativo en variables asociadas a la reducción de costos de producción entre las que destacan: reducción de defectos, tiempos muertos y costos logísticos. La efectividad de la capacitación es por lo tanto un aspecto determinante para lograr y mantener mejoras en el control de la calidad en la producción manufacturera. Debido a que no se contó con más datos, no se puede ser concluyente en términos valorativos en cuanto al costo beneficio de invertir tiempo y recursos en la implementación de un programa integral de capacitación versus otro tipo de acciones en pro de la mejora continua o bien respecto de la adquisición de tecnología aplicada al proceso productivo, no obstante, los resultados permiten conjeturar que es una opción muy viable tanto en términos monetarios como en términos intangibles. En cuanto a los primeros destaca la estimación de un ahorro de aproximadamente $800,000 pesos por reducción de defectos posterior a la implementación del programa de capacitación. Por los segundos, mantener y elevar la reputación de la empresa.

Un hallazgo puntual de la investigación indica que deben estandarizarse y respetarse los rangos de aceptación en las piezas con defectos entre los departamentos de producción, ingeniería y calidad, ya que sólo así el proceso de inspección será más eficiente. Concretamente, los instrumentos que se identificó con alto potencial de eficiencia en la capacitación y que no son aplicados o aprovechados en la empresa son: listas de instrucciones de trabajo para asesorar a los operadores de inspección, ayudas visuales para ilustrar el trabajo de revisión de productos, simbologías de proceso de inspección que favorezcan el correcto desarrollo de las actividades, matriz de defectos, top de defectos críticos y diagramas de flujo de proceso e información del tipo de defecto que se puede presentar en el producto terminado. Es así como se recomienda integrar los elementos anteriores en un manual de capacitación, empoderar la toma de decisiones por parte de inspectores de calidad para realizar auditorías de moldes y si consideran necesario poder sacarlos de producción. En suma, las recomendaciones anteriores se sustentan en base al trabajo de campo, el análisis realizado y se alinean con la revisión literaria efectuada, por lo que también se desprende que más allá de los beneficios organizacionales también habrá impactos positivos a nivel individual por parte de los empleados quienes obtendrán mayor satisfacción al desempeñar su trabajo.

Referencias

Ángeles, F. (2013). Six Sigma en logística: aplicación en el almacén de una unidad minera. *Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial,* vol.16, núm.2, pp. 67-74.

Banxico (2019). *Encuesta sobre las Expectativas de los Especialistas en Economía del Sector Privado.* https://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-prensa/encuestas-sobre-las-expectativas-de-los-especialis/%7BB1710A25-D945-B135-7AC3-C6E1862EB09E%7D.pdf

Berry, T. (1995). *Como gerenciar la transformación hacia la calidad total*. Ed. 17. Alfa Omega, México.

Crosby, P. (1989). "Crosby talks quality". *The TQM Magazine,* vol. 1, núm. 4. doi: 10.1108/eb059474

Deming, E. (1989). *Calidad, Productividad y Competitividad, la salida de la crisis*. Ed. McGraw-Hill.

Diario Oficial de la Federación (2009). *Estratificación de las micro, pequeñas y medianas empresas*. México.

Esqueda, R. (2016). "Globalización y Competitividad en México. Análisis a la luz de la teoría y los planteamientos de los Planes Nacionales de Desarrollo 2007-2012 y 2013-2018". En *Observatorio de la Economía Latinoamericana. núm. 1.* España: Eumed-Univ. de Málaga.

Esqueda, R., Marmolejo, J. y Balderas, V. (2015). "Análisis de la calidad en el servicio en una empresa de telefonía", en *Enfoques de estudio de la calidad en el servicio en organizaciones públicas y privadas*, pp. 105-130. Norma A. Pedraza Melo (Coord.). Ed. Pearson.

González, A. (2000). *La cultura de la organización en la gestión total de la calidad*. En Ensaios e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde, vol. 4, núm. 3, pp. 99-114, Universidade Anhanguera. Brasil.

Gutiérrez, H. (2014) *Calidad total y productividad*. McGraw-Hill. Cuarta Edición. México.

Ishikawa, K. (1997). *¿Qué es el control total de calidad?; la modalidad Japonesa.* Ed. Norma. España.

Juran, J., Medina J., y Ballester, M. (1990). *Juran y el liderazgo para la calidad: un manual para directivos.* España: Díaz de Santos.

Kotu, V., y Deshpande, B. (2019). *Regression Methods. Data Science*. Pp. 165–197. doi: 10.1016/b978-0-12-814761-0.00005-8

López, R. (2005). La calidad total en la empresa moderna perspectivas. *Revista Perspectivas*, vol. 8, núm. 2. Universidad Católica Boliviana San Pablo. Bolivia.

Navarro, J. (2013). *Manual de calidad para una empresa dedicada a la fabricación de transformadores.* Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Nuevo León. México.

NMX-CC-9001-IMNC. ISO 9001: 2015. (2015). *Sistemas de gestión de la calidad: Requisitos.* Instituto Mexicano de Normalización y Certificación, A.C. México.

Pindyck, R. y Rubinfeld, D. (2001). *Econometric models and economic forecasts. Singapur*: McGraw-Hill.

Resende de Carvalho, E., Simões, E., Maués de Souza, A., Dos Santos, G., y Silva, C. (2017). "The current context of Lean and Six Sigma Logistics applications in literature: A Systematic Review". *Brazilian Journal of Operations & Production Management,* vol. 14, núm. 4, pp. 586-602. https://doi.org/https://doi.org/10.14488/BJOPM.2017.v14.n4.a14

Ruíz, C. y López, J. (2009). *La gestión por la calidad total*. Ed. Alfa Omega. México.

Vidal, G., Aguas, Y. y Puello, P. (2018). Análisis seis sigma y proceso analítico jerárquico en empresa del sector lácteo. *Revista Venezolana de Gerencia*, vol.22, núm.80, pp. 610-636.

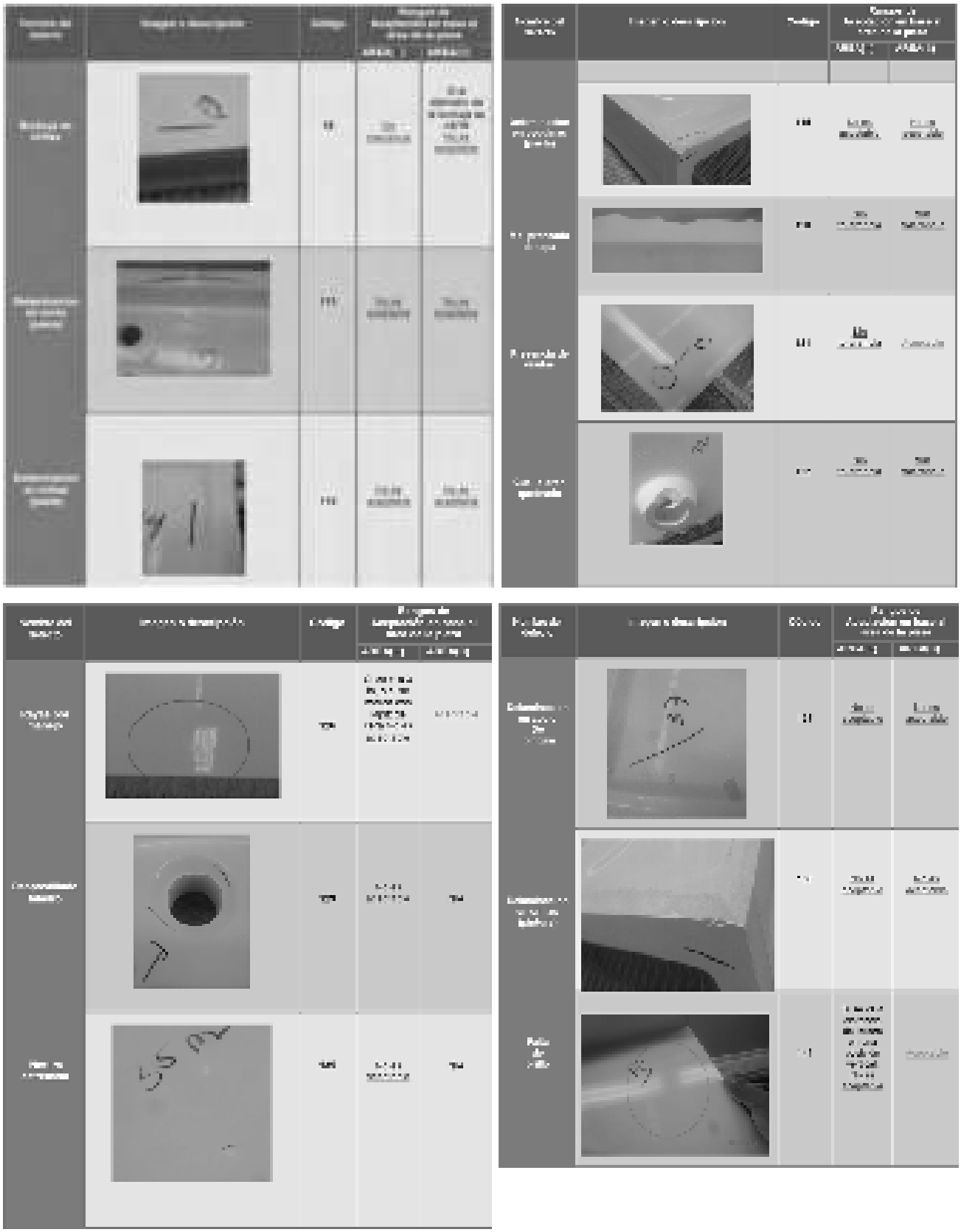
ANEXOS

Anexo 1. Encuesta (Preguntas contenidas en el formato)

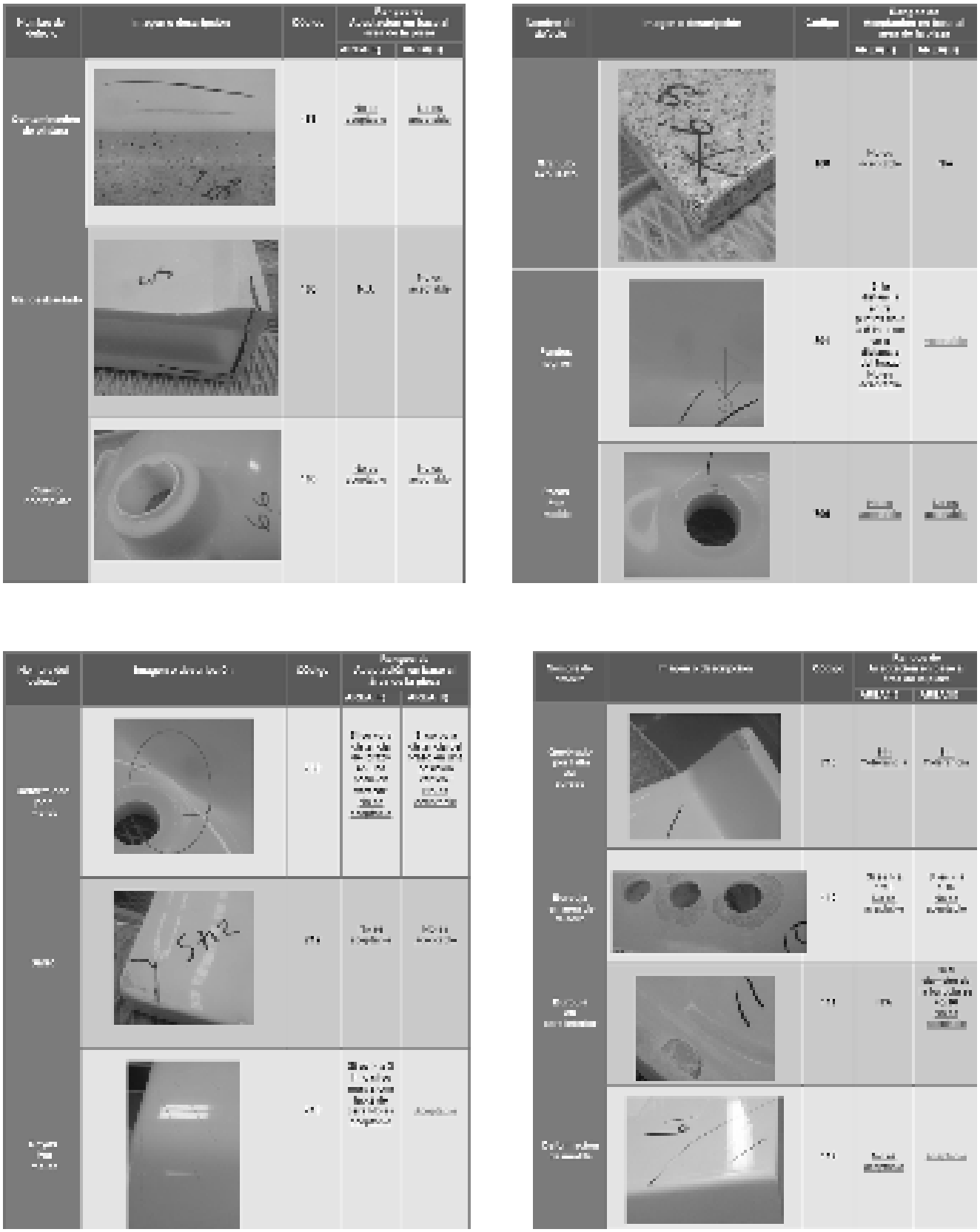
Instrucciones. Responde las siguientes preguntas.

1. ¿Al iniciar tu trabajo como inspector de calidad, qué tarea se te dificultaba más?
2. ¿Conoces todos los defectos que están en la lista de defectos "P3"?
3. ¿Alguna vez has tenido problemas para identificar y diferenciar los defectos?
4. ¿Tienes una idea de cómo podrías mejorar la calidad de tu trabajo?
5. ¿Crees que sería de utilidad un manual de inspección de calidad en la línea?
6. ¿Qué información crees que debería tener este manual?
7. ¿Crees que fuiste bien capacitado cuando iniciaste como inspector de calidad? (Si/No) ¿Por qué?

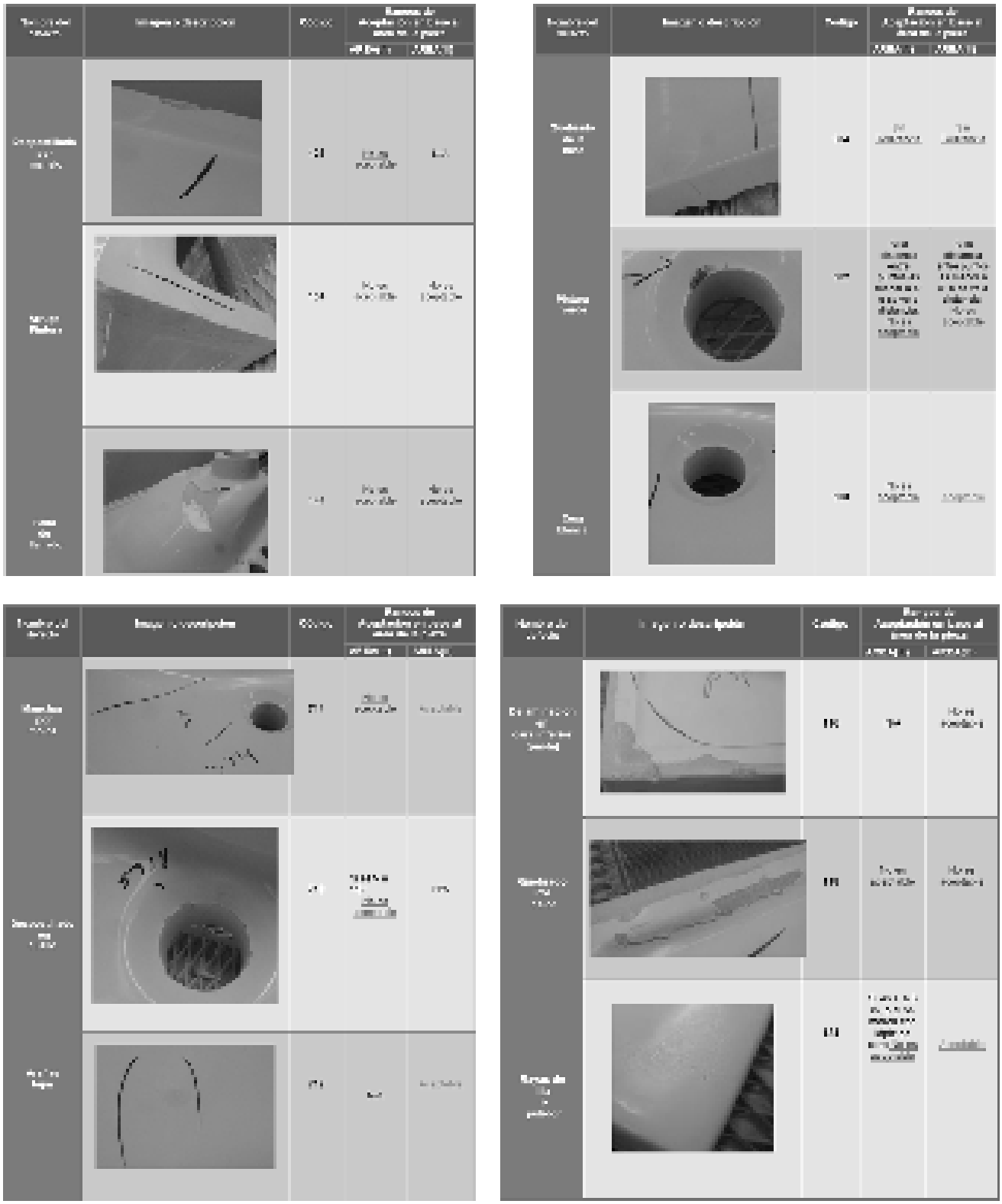
Anexo 2. Matriz de defectos.



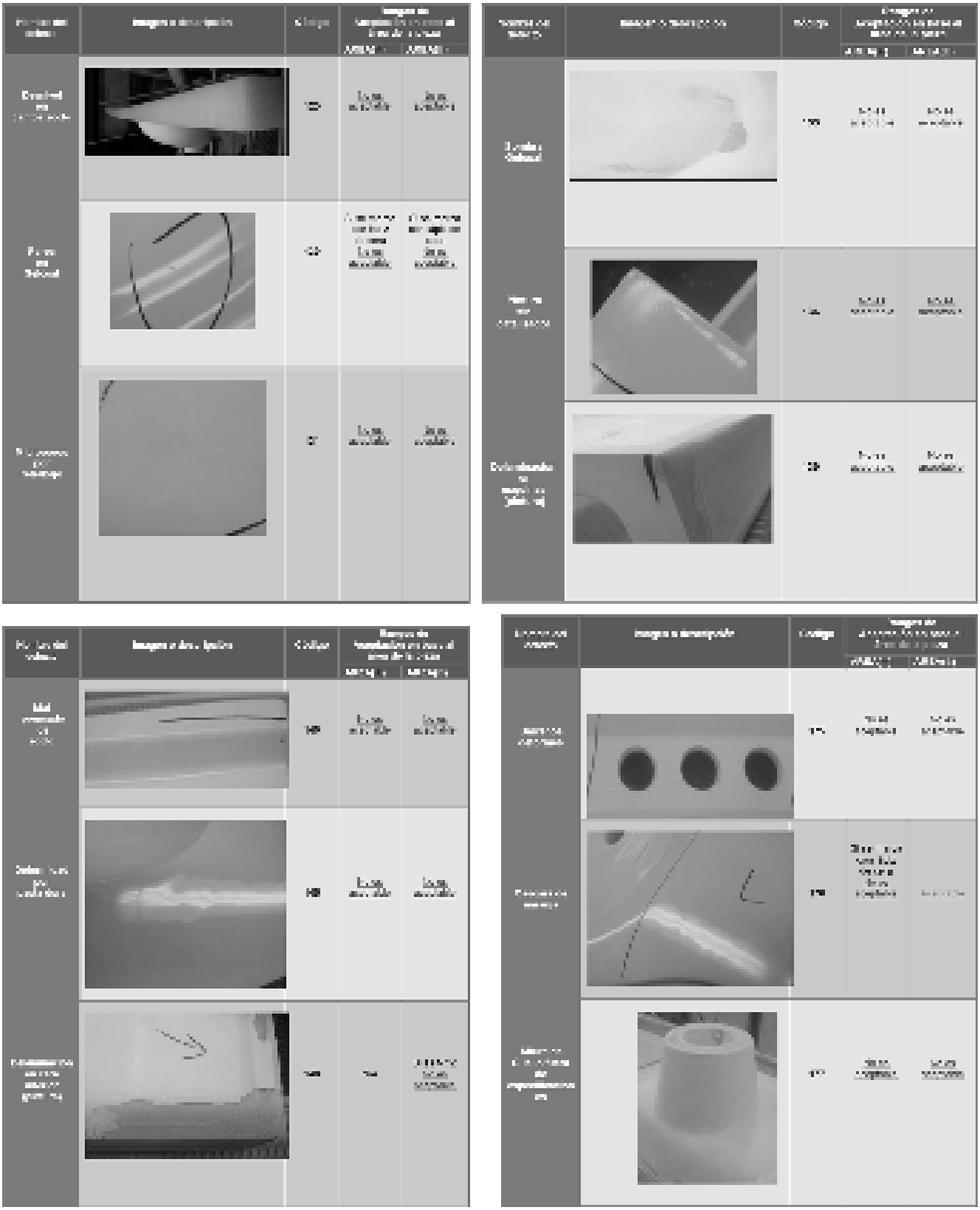
Anexo 2. Matriz de defectos (continuación).



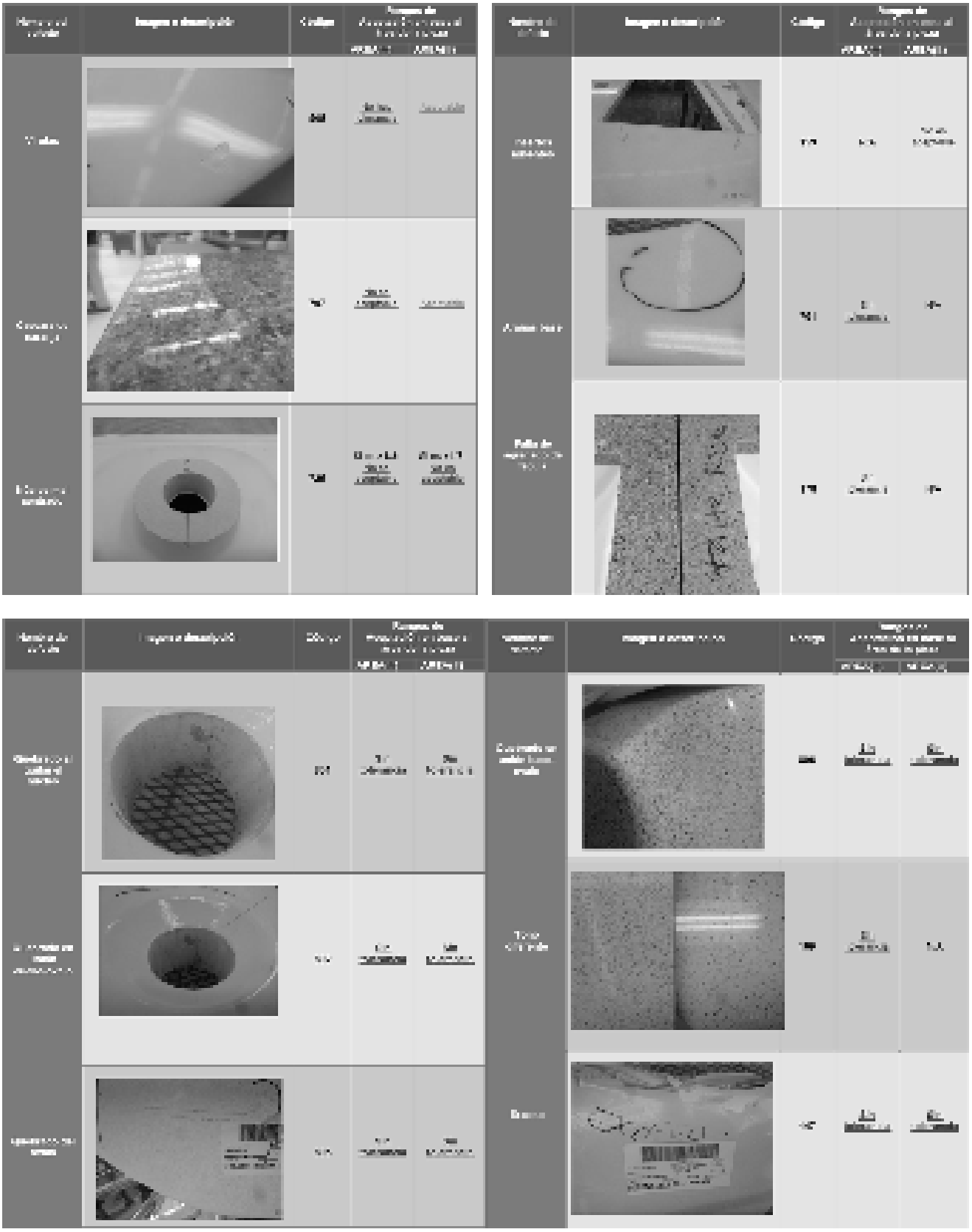
Anexo 2. Matriz de defectos (continuación).



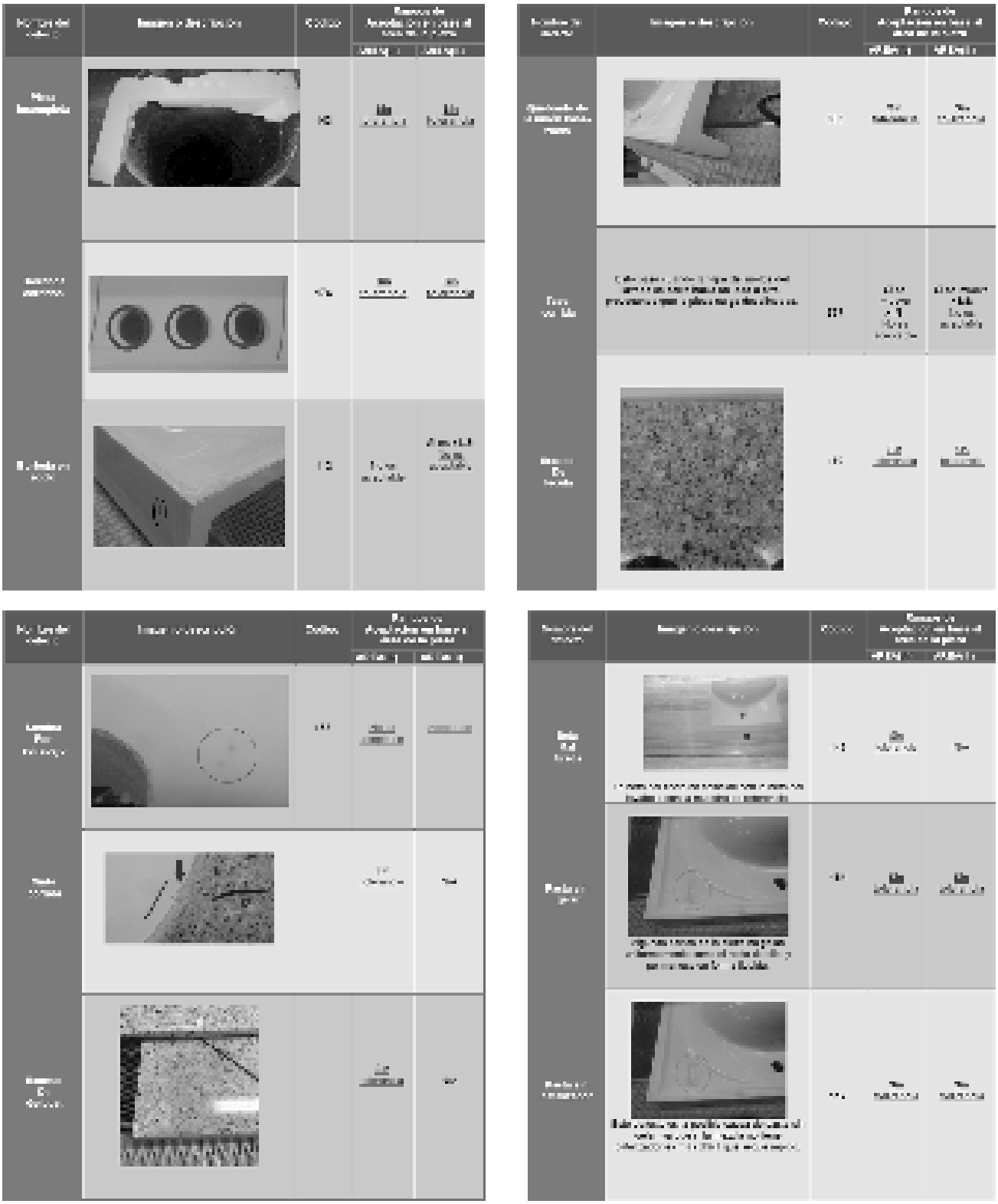
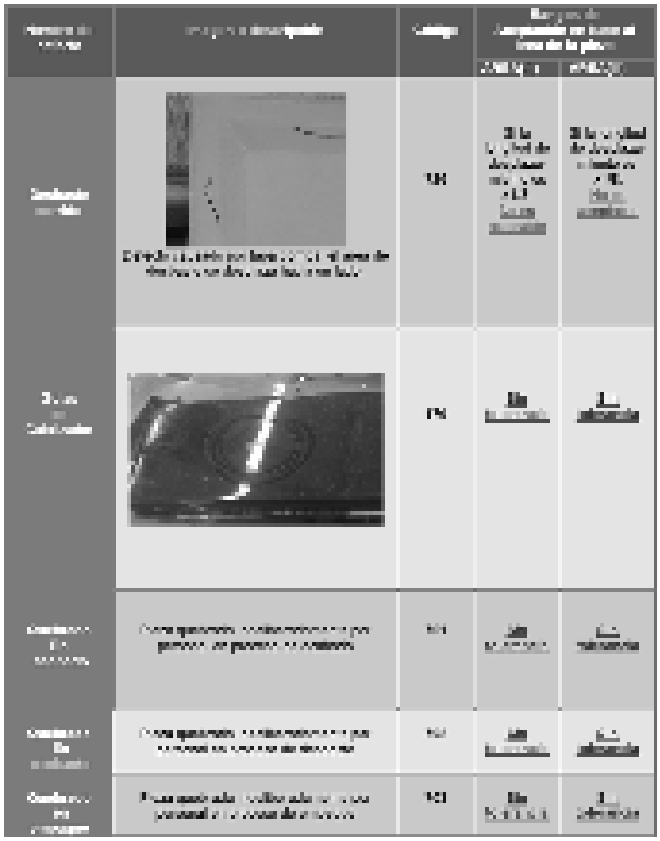
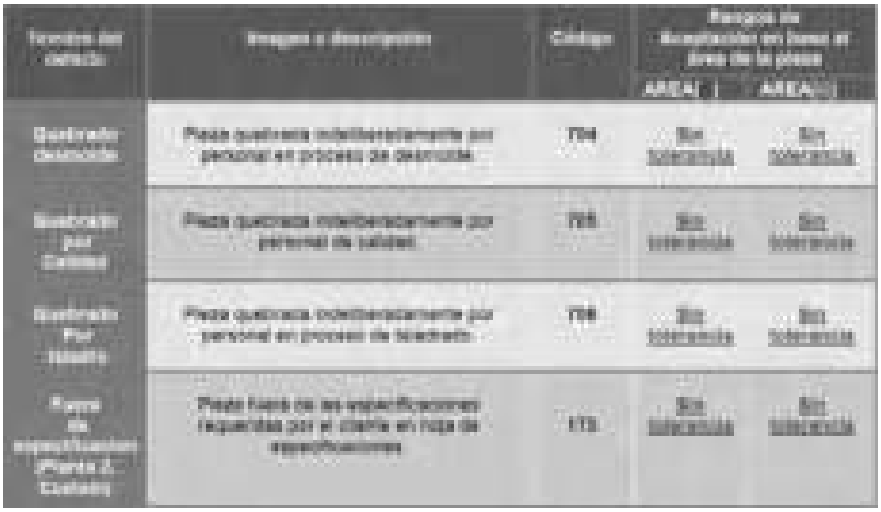
Anexo 2. Matriz de defectos (continuación).



Anexo 2. Matriz de defectos (continuación).



Anexo 2. Matriz de defectos (continuación).



Anexo 2. Matriz de defectos.