

Aplicación del Control Estadístico de la Calidad al Proceso de Montaje de Bicicletas Eléctricas. Caso: Freedabikes.

TRABAJO FIN DE MASTER

Máster Universitario en Ingeniería de Organización y Logística

Escuela Politécnica Superior de Alcoy

Universitat Politècnica de València

Alumno: **Mariana Palacios López**

Director(es): Víctor Gisbert Soler

Fecha de entrega: Mayo 2018

Contenido

1	Introducción	12
2	Planteamiento del problema.....	13
3	Objetivos	14
3.1	Objetivo general	14
3.2	Objetivos específicos	14
4	Generalidades del sector.....	15
4.1	Historia de las bicicletas eléctricas	15
4.2	Descripción de la empresa – Freedabikes	15
5	Marco de referencia	17
5.1	Control Estadístico de la Calidad	17
5.2	Definición operativa de defecto	17
5.3	Variabilidad de los procesos.....	17
5.4	Gráficos de control	18
5.4.1	Gráficos de control por variables	18
5.4.2	Gráficos de control por atributos	20
5.5	Muestreo para aceptación o rechazo.....	22
5.5.1	Clasificación según el número de muestras	22
5.5.2	Clasificación según la clase de inspección	23
5.6	Capacidad real de proceso	24
6	Metodología	25
6.1	Fase 1: Conocer proceso de montaje de las bicicletas eléctricas en la empresa Freedabikes 25	
6.2	Fase 2: Identificar etapas de inspección del proceso a ser analizadas con ayuda de la definición operativa de defectos.....	25
6.3	Fase 3: Seleccionar herramientas de control estadístico	25
6.4	Limitaciones.....	26
7	Control estadístico de la calidad en el proceso de montaje de bicicletas eléctricas de Freedabikes	28
7.1	Proceso de montaje de las bicicletas eléctricas en la empresa Freedabikes.....	28
7.1.1	Mapa por niveles.....	28
7.1.2	Equipos y tecnología involucradas	30
7.2	Definición operativa de defectos y etapas de inspección del proceso.....	31

7.2.1	Definición operativa de defecto	31
7.2.2	Etapas de inspección del proceso.....	39
7.3	Herramientas de control estadístico	40
7.3.1	Herramientas de control estadístico	40
7.3.2	Simulación del uso de herramientas de calidad	50
7.3.3	Diseño de planes de acción	54
8	Discusión de resultados.....	59
8.1	Resultados Fase 1	59
8.2	Resultados Fase 2	59
8.3	Resultados Fase 3	59
9	Conclusiones y recomendaciones	61
	Referencias bibliográficas.....	63
	Anexos.....	64

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Equipos y herramientas utilizadas en el proceso.....	30
Tabla 2 Tecnología y software utilizados en el proceso	30
Tabla 3 Variables y atributos a inspeccionar en los insumos	39
Tabla 4 Etapa y herramienta de control de calidad por defecto	40
Tabla 5 Plantilla de recolección de datos para el defecto ‘eje descentrado’	41
Tabla 6 Plantilla de recolección de datos para el defecto ‘controlador malo’	42
Tabla 7 Plantilla de recolección de datos para el defecto ‘acelerador sin abrazadera’	43
Tabla 8 Plantilla de recolección de datos para el defecto ‘exceso de pintura en orificios’	43
Tabla 9 Plantilla de recolección de datos para el defecto ‘puerto USB desalineado’	44
Tabla 10 Plantilla de recolección de datos para el defecto ‘batería rayada’	44
Tabla 11 Plantilla de recolección de datos para el defecto ‘carcasa motor rayada’	45
Tabla 12 Plantilla de recolección de datos para el defecto ‘exceso de silicona’	45
Tabla 13 Límites de control para el gráfico “x-R” del defecto ‘límite de velocidad erróneo’	46
Tabla 14 Límites de control para el gráfico ‘p’ del defecto ‘engrase insuficiente’	48
Tabla 15 Límites de control para el gráfico ‘p’ del defecto ‘conectores sin tapa’	48
Tabla 16 Simulación inspección al 100 % para el defecto ‘eje descentrado’	50
Tabla 17 Simulación inspección por muestreo para el defecto ‘exceso de pintura en orificios’	51
Tabla 18 Simulación análisis de capacidad baterías de 48 V nominal	51

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Reglas para cambiar el nivel de severidad de la inspección	23
Figura 2 Mapa por niveles – Montaje de bicicletas eléctricas Freedabikes	29
Figura 3 Eje descentrado (Códigos ED (c), ED (M), ED (m))	33
Figura 4 Motor con velocidad rotacional baja (Códigos MVRB (c), MVRB (M), MVRB (m))	33
Figura 5 Batería mala (Código BM).....	33
Figura 6 Controlador malo (Código CM).....	34
Figura 7 Batería con bajo voltaje (Códigos BBV (M), BBV (m)).....	34
Figura 8 Batería con menor energía (Códigos BME (M), BME (m))	34
Figura 9 Acelerador sin abrazadera (Código ASA)	34
Figura 10 Engrase insuficiente (Código EI)	35
Figura 11 Exceso de pintura en orificios (Código EPO).....	35
Figura 12 Puerto USB desalineado (Código PUD).....	36
Figura 13 Batería rayada (Código BR).....	36
Figura 14 Carcasa motor rayada (Código CMR).....	36
Figura 15 Exceso de Silicona (Código ES).....	37
Figura 16 Conectores sin tapa (Código CST).....	37
Figura 17 Límite de velocidad erróneo (Código LME)	37
Figura 18 Instrumentos de medición.....	38
Figura 19 Descargador de baterías.....	38
Figura 20 Calendario de calibraciones y mantenimiento de equipos	56
Figura 21 Pruebas actuales de calidad del proveedor de baterías.....	57

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Gráfico de medias “x-R” para el defecto ‘límite de velocidad erróneo’	47
Gráfico 2 Gráfico de recorridos “x-R” para el defecto ‘límite de velocidad erróneo’	47
Gráfico 3 Gráfico ‘p’ para el defecto ‘engrase insuficiente’	49
Gráfico 4 Gráfico ‘p’ para el defecto ‘conectores sin tapa’	49
Gráfico 5 Simulación gráfico de medias “x-R” para el defecto ‘límite de velocidad erróneo’	53
Gráfico 6 Simulación gráfico de recorridos “x-R” para el defecto ‘límite de velocidad erróneo’.....	53
Gráfico 7 Simulación gráfico ‘p’ para el defecto ‘conectores sin tapa’	54

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1 Límite Superior – Gráfico de promedios “x-R”	18
Ecuación 2 Límite Central – Gráfico de promedios “x-R”	19
Ecuación 3 Límite Inferior – Gráfico de promedios “x-R”	19
Ecuación 4 Límite Superior – Gráfico de recorridos “x-R”	19
Ecuación 5 Límite Central – Gráfico de recorridos “x-R”	19
Ecuación 6 Límite Inferior – Gráfico de recorridos “x-R”	19
Ecuación 7 Límite Superior – Gráfico de promedios “x-S”	19
Ecuación 8 Límite Central – Gráfico de promedios “x-S”	19
Ecuación 9 Límite Inferior – Gráfico de promedios “x-S”	20
Ecuación 10 Límite Superior – Gráfico de desviaciones estándar “x-S”	20
Ecuación 11 Límite Central – Gráfico de desviaciones estándar “x-S”	20
Ecuación 12 Límite Inferior – Gráfico de desviaciones estándar “x-S”	20
Ecuación 13 Límite Superior – Gráfico “np”	20
Ecuación 14 Límite Central – Gráfico “np”	20
Ecuación 15 Límite Inferior – Gráfico “np”	20
Ecuación 16 Límite Superior – Gráfico “p”	21
Ecuación 17 Límite Central – Gráfico “p”	21
Ecuación 18 Límite Inferior – Gráfico “p”	21
Ecuación 19 Límite Superior – Gráfico “c”	21
Ecuación 20 Límite Central – Gráfico “c”	21
Ecuación 21 Límite Inferior – Gráfico “c”	21
Ecuación 22 Límite Superior – Gráfico “u”	22
Ecuación 23 Límite Central – Gráfico “u”	22
Ecuación 24 Límite Inferior – Gráfico “u”	22
Ecuación 25 Límite índice inferior de capacidad	24
Ecuación 26 Límite índice superior de capacidad.....	24

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 Factores para el cálculo de los límites de los gráficos de control por variables (Criterio 3σ)	64
Anexo 2 Letras código del tamaño de muestra	65
Anexo 3 Planes de muestreo simple en inspección normal	66
Anexo 4 Planes de muestreo simple en inspección rigurosa	67
Anexo 5 Planes de muestreo simple en inspección reducida.....	68
Anexo 6 Planes de muestreo doble en inspección normal.....	69
Anexo 7 Planes de muestreo doble en inspección rigurosa	70
Anexo 8 Planes de muestreo doble en inspección reducida	71
Anexo 9 Planes de muestreo múltiple en inspección normal	72
Anexo 10 Planes de muestreo múltiple en inspección normal (Continuación).....	73
Anexo 11 Planes de muestreo múltiple en inspección normal (Continuación).....	74
Anexo 12 Planes de muestreo múltiple en inspección rigurosa.....	75
Anexo 13 Planes de muestreo múltiple en inspección rigurosa (Continuación)	76
Anexo 14 Planes de muestreo múltiple en inspección rigurosa (Continuación)	77
Anexo 15 Planes de muestreo múltiple en inspección reducida.....	78
Anexo 16 Planes de muestreo múltiple en inspección reducida (Continuación)	79
Anexo 17 Planes de muestreo múltiple en inspección reducida (Continuación)	80
Anexo 18 Riesgo del proveedor en inspección normal	81
Anexo 19 Riesgo del proveedor en inspección rigurosa.....	82
Anexo 20 Riesgo del proveedor en inspección reducida.....	83
Anexo 21 Riesgo de calidad del consumidor en inspección normal.....	84
Anexo 22 Riesgo de calidad del consumidor en inspección rigurosa	85
Anexo 23 Riesgo de calidad del consumidor en inspección reducida	86

GLOSARIO

AMPERIO (A): Utilizado para expresar el flujo de carga eléctrica. “La corriente eléctrica es una medida de la velocidad a la que fluye la carga eléctrica”. (Educalingo, 2018)

CAUSA ASIGNABLE: Factor esporádico que desestabiliza el sistema y que es fácilmente identificable y corregible. (Gisbert Soler, 2017)

CAUSA COMÚN: Es inevitable e inherente al proceso, aleatoria y no se corrige fácilmente. (Gisbert Soler, 2017)

CENTÍMETRO (cm): “Unidad de longitud equivalente a la centésima parte de un metro”. (Real Academia Española, 2017)

KILÓMETROS POR HORA (km/h): “Unidad de medida de velocidad que indica la cantidad de kilómetros que recorre un elemento a lo largo de una hora”.

MILÍMETRO (mm): “Unidad de longitud equivalente a la milésima parte de un metro”. (Real Academia Española, 2017)

NCA (NIVEL DE CALIDAD ACEPTABLE): “Es el máximo porcentaje defectuoso que, a los fines de la inspección, puede considerarse satisfactorio como media del proceso” (Juran & Gryna, 1993). En otras palabras, es la calidad inferior que se puede aceptar.

PDTL (PORCENTAJE DE UNIDADES DEFECTUOSAS TOLERADAS EN EL LOTE): “Nivel de calidad que es insatisfactorio y que, por consiguiente, debe ser rechazado por el plan de muestreo”. (Juran & Gryna, 1993)

REVOLUCIONES POR MINUTO (rpm): “Cantidad de vueltas que un cuerpo giratorio completa alrededor de su eje cada sesenta segundos”. (Definicion.de, 2018)

RIESGO DEL CONSUMIDOR (β): “Probabilidad de que un lote ‘malo’ sea aceptado por el plan de muestreo. Este riesgo se establece en conjunción con una definición numérica de la calidad rechazable, tal como el porcentaje de unidades defectuosas toleradas en el lote (PDTL)”. (Juran & Gryna, 1993)

RIESGO DEL PROVEEDOR (α): “Probabilidad de que un ‘buen’ lote sea rechazado por el plan de muestreo. Este riesgo se establece en conjunción con la definición numérica de un máximo nivel de calidad que puede alcanzarse con el plan, habitualmente llamado nivel de calidad aceptable (NCA)”. (Juran & Gryna, 1993)

VATIO HORA (Wh): “Unidad de energía expresada en forma de unidades de potencia por tiempo. Expresa la cantidad de energía capaz de producir y sustentar una cierta potencia durante un determinado tiempo”. (Solesco, 2018)

VOLTIO (V): “Unidad de potencial eléctrico y fuerza electromotriz equivalente a la diferencia de potencial eléctrico que hay entre dos puntos de un hilo conductor, que transporta una corriente constante de un amperio, cuando la potencia disipada entre estos puntos es de un vatio”. (Real Academia Española, 2017)

RESUMEN

Freedabikes es una empresa ubicada en la ciudad de Medellín, Colombia, dedicada al montaje de bicicletas eléctricas, en la cual se dificulta elaborar controles de calidad, ya que la única persona conocedora del proceso, es el dueño y fundador de la compañía, quien además no cuenta con la metodología para realizar un Control Estadístico de la Calidad.

Inicialmente se identificaron las actividades llevadas a cabo y se diagramaron en un mapa por niveles. Posteriormente, se determinaron los equipos y tecnología usada, con el fin de conocer aquellas que requerían calibración o mantenimiento, para garantizar el adecuado montaje de bicicletas eléctricas.

Para separar el proceso en etapas de inspección, se tuvo en cuenta el mapa por niveles y cada uno de los defectos que se podrían presentar, para así determinar en qué momento debía ser analizado cada uno de ellos, dependiendo de su ocurrencia o criticidad dentro del flujo de trabajo. Los defectos se determinaron mediante la “Definición Operativa de Defecto”, en la cual se le da un nombre, un código, una descripción y se establece el método de medición para cada uno.

Finalmente, se escogieron las herramientas de calidad necesarias y se definieron las plantillas requeridas para la toma de datos. Así mismo, se simuló el uso de cada una de ellas y se estableció un plan de acción general de la función de calidad en la empresa.

Palabras clave: bicicletas eléctricas, calidad, gráficos de control, variables, atributos.

ABSTRACT

Freedabikes Company is located in Medellin city - Colombia, dedicated to the assembly of electric bicycles, in which is difficult to keep tracking quality control procedures, as the only person who knows the real process is the founder and same owner of the company, who also has no methodology to perform a statistical quality control.

The activities implemented by the company were identified and plotted a map by levels. Subsequently, the equipment and the technology used were determined, in order to know those that required calibration or maintenance, to ensure the proper assembly for the electric bicycles.

To divide the process into inspection stages, the map by levels and each one of the defects that could be presented were taken into consideration, in order to determine when each of them should be analyzed, depending on its occurrence or criticality within the work flow. The deficiencies were determined by the "Operational Definition of Defect", in which a name, a code, a description is given and the measurement method for each one is established.

Finally, the necessary quality tools were chosen and the required templates for data collection were defined. Likewise, the use of each of them was simulated and a general action plan of the quality function in the company was established.

Keywords: electric bicycles, quality, control graphics, variables, attributes.

1 Introducción

De acuerdo con estudios realizados, el mercado de bicicletas eléctricas ha tenido un gran aumento en los últimos años y con el uso de este medio de transporte se puede llegar a reducir el impacto ambiental que tienen las personas al desplazarse de un lugar a otro. Adicionalmente, estas últimas estarían ahorrando dinero al usar una bicicleta en lugar de un automóvil para moverse. Por lo tanto, se podría llegar a considerar a las bicicletas eléctricas como un elemento clave en el desarrollo sostenible de las ciudades y con miras a atender la demanda creciente de dichos artefactos, Daniel Palacios López fundó la empresa Freedabikes, en la cual ofrece la instalación de motores eléctricos y baterías a bicicletas convencionales.

Sin embargo, actualmente la compañía no tiene estandarizado el proceso de montaje de bicicletas eléctricas y su fundador es la única persona que conoce y domina cada una de las actividades realizadas en ella, igualmente es quien elabora el control de la calidad tanto de los insumos que recibe como de los productos finales que fabrica.

El Control Estadístico de la Calidad juega un papel muy importante en el desempeño de una compañía, ya que permite verificar si cada una de las partes del proceso cumplen con determinadas exigencias y ayuda a cumplirlas. Con el presente trabajo se busca aplicar dicho concepto en la empresa estudiada, en la que además de estandarizar el proceso, se controle la calidad de los productos, de tal manera que otras personas puedan llegar a la compañía a ser capacitadas y apoyen en las labores de montaje, obteniendo productos con altos estándares de calidad.

La metodología empleada abarca una serie de teorías que se tomaron como referencia para el desarrollo del proyecto, entre las cuales se pueden mencionar: Mapa por niveles, para establecer la secuencia de actividades para el montaje de bicicletas eléctricas; Definición operativa de defecto, para identificar los posibles defectos que se pueden presentar en la elaboración de las operaciones, así como su clasificación en menores, mayores y críticos; Gráficos de control por variables y por atributos, para valorar las variaciones de calidad presentadas, identificar las causas y tomar acciones correctivas; Capacidad de procesos, para asegurar que los proveedores tienen procesos robustos y cumplen con las especificaciones deseadas; e Inspección por muestreo, para verificar la calidad de los productos recibidos.

En caso de llegarse a implementar el proyecto propuesto, se impactaría positivamente en la estructura de transporte, la movilidad y el desarrollo sostenible en Colombia y más específicamente en la ciudad de Medellín. Adicionalmente, al requerir personal para el montaje de bicicletas y control de calidad, se generaría empleo y se propiciaría el desarrollo personal y educación de las personas involucradas, mejorando su calidad de vida, y entregando a la sociedad, unos ciudadanos comprometidos con el desarrollo de las industrias y de la nación en general.

Se considera que al realizar la aplicación del Control Estadístico de la Calidad en el montaje de bicicletas eléctricas, se aplican gran cantidad de los conocimientos adquiridos en el master y se visualizan más claramente conceptos como: tolerancias del cliente, calidad, criterios de aceptación y rechazo, riesgo del proveedor, riesgo del comprador, entre otros.

Finalmente, el proyecto va a documentar, mejorar y estandarizar los procesos tanto de montaje de bicicletas eléctricas como de aseguramiento de la calidad del producto, lo cual conduciría a un mejoramiento general del desempeño de la empresa, al aumento de la capacidad productiva y a la satisfacción del cliente final.

2 Planteamiento del problema

Según el Blog Tecnocio (2016) “Las ventas de las bicicletas eléctricas indican que, mundialmente, en 2005 se vendieron 100.000; en 2009 se vendieron 200.000; y en 2012 se llegó a una cifra de 40.000.000”. Esto quiere decir, que el mercado de bicicletas eléctricas ha presentado un aumento y puede continuar creciendo en los próximos años debido a las preocupaciones ambientales que vienen alertando a los habitantes del planeta. Adicionalmente, de acuerdo con estudios realizados, es más económico viajar en bicicleta eléctrica que en automóvil, con lo cual, las personas, además de estar contribuyendo al medio ambiente, estarían ahorrando dinero.

Al igual que en el mundo, en Colombia, y más concretamente, en Medellín ha estado creciendo la demanda de bicicletas eléctricas. Con miras a suplir las necesidades del mercado y por su interés en vehículos eléctricos, Daniel Palacios López, ingeniero de diseño de producto, fundó la empresa Freedabikes, cuyo principal objetivo es convertir bicicletas convencionales en eléctricas, mediante la instalación del motor, batería, pantalla (display) y demás artefactos que permiten utilizar el vehículo tanto pedaleando (uso corriente), como con acelerador o con pedaleo asistido.

El fundador de Freedabikes, actualmente es la única persona que conoce el proceso de montaje de bicicletas eléctricas y es quien vela porque los insumos que reciba de sus diferentes proveedores cumplan con las especificaciones requeridas por el consumidor final.

Se detecta la necesidad de estandarizar el proceso, para poder contar con trabajadores que colaboren en el montaje de bicicletas eléctricas, los cuales se capaciten adecuadamente y se controlen para que hagan sus labores con los estándares de calidad que se definan. Adicionalmente, se requiere que el proceso de control de calidad de los insumos que se compran a los diferentes proveedores, se realice de forma rigurosa y de acuerdo a la metodología apropiada para el sector de estudio.

Las situaciones mencionadas anteriormente demuestran los problemas y dificultades que se tienen en cuanto al control de calidad del montaje de bicicletas eléctricas en la empresa Freedabikes y se desea establecer un plan de acción para la aplicación de herramientas de control estadístico y estandarización en el proceso mencionado.

Se formula la siguiente pregunta: ¿cuál es la mejor manera de controlar la calidad tanto de los insumos como de los productos finales para garantizar el cumplimiento de estándares?

3 Objetivos

3.1 Objetivo general

Aplicar el control estadístico de la calidad al proceso de montaje de bicicletas eléctricas con el fin de mejorar la calidad, evitar el rechazo de productos, desperdicios y reprocesos, para así entregar al cliente final, productos seguros y confiables que no atenten contra la salud de los mismos y que además funcionen correctamente en el entorno para el cual fueron diseñadas.

3.2 Objetivos específicos

- Conocer el proceso de montaje de las bicicletas eléctricas en la empresa Freedabikes, teniendo en cuenta los equipos, la tecnología usada y el método de trabajo utilizado.
- Identificar etapas de inspección del proceso que requieran especial atención en cuanto a control de la calidad, que puedan ser analizadas con ayuda de la definición operativa de defectos y que sirvan como base para la toma de decisiones en cuanto a herramientas de control estadístico y planes de acción o mejora.
- Seleccionar herramientas de control estadístico y diseñar un plan de acción para abordar y tratar las variabilidades en las etapas de inspección detectadas, así como para controlar el proceso de montaje de bicicletas eléctricas.

4 Generalidades del sector

4.1 Historia de las bicicletas eléctricas

De acuerdo con el Blog Tecnocio (2016), respecto al origen de las bicicletas eléctricas, “aunque parezcan un invento moderno, éstas nacieron casi al mismo tiempo que las bicicletas tradicionales. En la década de 1890 se otorgaron varias patentes para motores de bicicletas eléctricas.”

En los años 40, como consecuencia de la segunda guerra mundial, hubo una escasez de vehículos motorizados de gran tamaño, lo cual hizo que las bicicletas eléctricas tuvieran un aumento en las ventas.

Posteriormente, como respuesta a la crisis energética del petróleo en Estados Unidos, de 1973, las bicicletas eléctricas fueron comercializadas masivamente y tomaron un rol importante al tratarse de una opción limpia, que “no dañaba el medio ambiente ni dependía de las fluctuaciones del mercado del crudo” (BlogTecnocio, 2016).

En 1982, Egon Gelhard, realizó aportes adicionales a la evolución de las bicicletas eléctricas, mediante el desarrollo de un subtipo de las mismas, las cuales funcionaban con el “principio de bicilec o pedelec” donde el conductor es ayudado mediante tracción eléctrica del motor cuando pedalea (pedaleo asistido).

Este invento mencionado anteriormente, fue difundido en Japón en la década de los noventa, por la empresa Yamaha con el nombre de “Power assist”, lo cual hizo que las bicicletas eléctricas ganaran un mayor terreno y notoriedad en el mercado.

“A finales de los años 90, las grandes marcas de bicicletas dominaron el mercado, pero a comienzos del año 2000 las ventas de bicicletas eléctricas disminuyeron radicalmente, para resurgir en el año 2005 con el auge de la batería de litio. Desde el año 2008 las ventas de bicicletas han aumentado en un 30 % por año. En el año 2012 se vendieron 40 millones de bicicletas eléctricas.” (BlogTecnocio, 2016).

Actualmente no se tienen cifras certificadas de la venta de bicicletas eléctricas en Colombia, pero de acuerdo con la Editorial La República, en 2014 entraron más de 10 mil bicicletas eléctricas al mercado local. Además, aseguran que Colombia es “un país interesante para el desarrollo de este tipo de movilidad, porque cuenta con una de las matrices energéticas más limpias de la región” (Ramírez Prado, 2018).

4.2 Descripción de la empresa – Freedabikes

Freedabikes es una empresa fundada en el 2015, en Medellín – Colombia, que convierte bicicletas estándar en eléctricas con un previo análisis de las condiciones de las mismas. Los clientes pueden “elegir entre diferentes potencias y tipos de motor, capacidades y tipos de baterías, contando con la mejor asesoría y calidad” (Freedabikes, 2017).

El ingeniero de diseño de producto, Daniel Palacios López, dueño y fundador de la empresa, instala el motor, batería, display y otros elementos necesarios para permitir a sus clientes, el uso de las bicicletas mediante pedaleo, aceleración o pedaleo asistido.

De acuerdo con la entrevista elaborada al dueño de la compañía (Palacios López, Freeda en la emisora Cámara FM, 2018), lo que Daniel ofrece al mercado es una novedad, ya que permite al cliente tener su bicicleta convencional o elegir la bicicleta soñada para convertirla en eléctrica.

Como parte de su estrategia, Freedabikes le ha apuntado al incremento de ventas a lo largo del tiempo. En un comienzo, en el 2015, Daniel únicamente convirtió 2 bicicletas de convencionales a eléctricas, en 2016 unas 7 bicicletas, y en 2017 se vendieron más de 30.

Una 'Freeda' ofrece (2017):

- **Fuerza:** 3,3 veces más resistencia que un ciclista profesional (en la versión 750 W). Cuentan con motor central y transmisión que permite subir cualquier cuesta de Medellín – Colombia, a buena velocidad.
- **Ahorro:** 3,95 veces menor gasto que una motocicleta de bajo cilindraje. Con 225 COP (0,06 € aproximadamente) de energía eléctrica se recorren 50 kilómetros.
- **Ganar tiempo:** Libera estrés, evita contratiempos y trancones.
- **Ayudar al ambiente:** Cero emisión de gases y menor gasto energético. Es uno de los vehículos más eficientes energéticamente para transportarse.
- **Flexibilidad (Dos en uno):** El cliente puede elegir como usarla: sólo pedaleo, sólo motor, o con pedaleo y motor.
- **Diversión:** Montar una 'Freeda' es un placer. Ofrece libertad en movimiento para sus clientes.

Actualmente, la empresa cubre las necesidades de las principales ciudades de Colombia, pudiendo realizar envíos desde Medellín a cualquier ciudad del país.

5 Marco de referencia

5.1 Control Estadístico de la Calidad

Según el contenido del Open Course Ware de la Universidad de Salamanca (2010-11), “definimos el ‘Control Estadístico de la Calidad’ como la aplicación de diferentes técnicas estadísticas a procesos industriales (mano de obra, materias primas, máquinas y medio ambiente), procesos administrativos y/o servicios con objeto de verificar si todas y cada una de las partes del proceso y servicio cumplen con unas ciertas exigencias de calidad y ayudar a cumplirlas, entendiendo por calidad ‘la aptitud del producto y/o servicio para su uso’”.

Adicionalmente exponen que “la aplicación de técnicas estadísticas al control está basada en el estudio y evaluación de la variabilidad existente en cualquier tipo de proceso” (Universidad de Salamanca, 2010-11).

5.2 Definición operativa de defecto

De acuerdo con el ‘Extracto de la publicación: Metodología de inspección en la producción: Definición operativa de defectos’ (2017), el documento denominado “definición operativa de defecto” podría servir para exponer la descripción del producto, con el fin de conocer las especificaciones que se deben comprobar; y detallar todos los defectos que pudiera contener, en las siguientes tres clasificaciones:

- **Defectos críticos:** “Son aquellos que hacen inservible o no apto el producto para el consumidor debido a:
 - El producto no cumple con la función para el que ha sido diseñado o destinado.
 - El producto es potencialmente peligroso para la salud del consumidor.
 - El producto no cumple alguna especificación que pudiera considerarse como fraudulenta para el consumidor.
 - El producto contraviene algún tipo de legislación vigente.” (Miró Alberó & Gisbert Soler, 2017)
- **Defectos mayores:** “Son aquellos que no siendo críticos, reducen considerablemente la aptitud para el uso (o para la venta) del producto que los posee”. (Miró Alberó & Gisbert Soler, 2017)
- **Defectos menores:** “Son aquellos que no son importantes por si mismos, pero una acumulación de ellos podría hacer no apto el uso o venta del producto”. (Miró Alberó & Gisbert Soler, 2017)

Al describir cada uno de los defectos se les debe dar un título, un código que haga mención al título determinado, una descripción del defecto y el método de medición del mismo.

5.3 Variabilidad de los procesos

Cuando se fabrican dos productos de una misma referencia, éstos nunca serán idénticos entre si y existirán diferencias entre ellos. Estas variabilidades pueden ocasionar que se generen productos no conformes y que no cumplan con las especificaciones del mercado, por lo cual deben ser

llevadas al mínimo posible para que se presente una variabilidad menor de la que los clientes están dispuestos a aceptar. (Gisbert Soler, 2017)

Las variaciones se pueden clasificar de la siguiente manera:

- **Comunes:** “Son inevitables e inherentes al proceso, actuando cada una de ellas de forma insignificante y dando como resultado una variación aleatoria, muy difícil de corregir
 - Aparecen en muchos instantes.
 - Son estables.
 - Pueden ser previstas.
 - Son debidas a muchas fuentes pequeñas.” (Gisbert Soler, 2017)
- **Asignables:** “También llamadas esporádicas, son fácilmente detectables y corregibles, ya que se asignan a una o varias causas concretas.
 - Aparecen en instantes aislados.
 - Pueden ser irregulares.
 - Son imprevisibles.
 - Son debidas a pocas fuentes importantes.
 - Reaparecen si no se toman medidas correctivas.
 - Se corrigen mediante actuaciones locales.” (Gisbert Soler, 2017)

5.4 Gráficos de control

Con base en el contenido de la materia ‘Control Estadístico de la Calidad’, “un gráfico de control es un registro gráfico de la calidad donde se sitúan unos límites de control, que sirven para enjuiciar el significado de las variaciones de la calidad en torno a un nivel general” (Gisbert Soler, 2017).

Cuando un punto queda por fuera de dichos límites, se puede tomar como indicación de una causa de variación a ser investigada. Por lo cual, este gráfico sirve para identificar causas asignables y tomar acciones correctivas para eliminarlas. Si en un proceso se han eliminado todas las causas asignables y sólo actúan las aleatorias (comunes), se dice que se encuentra “bajo control” o que “está controlado”.

5.4.1 Gráficos de control por variables

- **Gráficos “ \bar{x} -R”** (Promedios y recorridos): Se trata de dos gráficos que son complementarios el uno del otro. En el primero se representan las variables de los promedios de los subgrupos o muestras; y en el otro las variaciones de los recorridos de las mismas.

Las fórmulas usadas para el planteamiento de los límites de los gráficos “ \bar{x} -R” se muestran a continuación:

- **Gráfico de promedios:**

$$LCS = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R}$$

Ecuación 1 Límite Superior – Gráfico de promedios “ \bar{x} -R”

Fuente: Ishikawa, Kaoru (Introducción al control de calidad, 1994).

$$LC = \bar{\bar{x}}$$

Ecuación 2 Límite Central – Gráfico de promedios “ \bar{x} -R”

Fuente: Ishikawa, Kaoru (Introducción al control de calidad, 1994).

$$LCI = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R}$$

Ecuación 3 Límite Inferior – Gráfico de promedios “ \bar{x} -R”

Fuente: Ishikawa, Kaoru (Introducción al control de calidad, 1994).

Donde A_2 depende del tamaño de la muestra (Ver Anexo 1); $\bar{\bar{x}}$ corresponde al promedio de la media de los subgrupos de muestras; y \bar{R} es el promedio de la diferencia entre el máximo y el mínimo de cada subgrupo de muestras.

○ **Gráfico de recorridos:**

$$LCS = D_4 \bar{R}$$

Ecuación 4 Límite Superior – Gráfico de recorridos “ \bar{x} -R”

Fuente: Ishikawa, Kaoru (Introducción al control de calidad, 1994).

$$LC = \bar{R}$$

Ecuación 5 Límite Central – Gráfico de recorridos “ \bar{x} -R”

Fuente: Ishikawa, Kaoru (Introducción al control de calidad, 1994).

$$LCI = D_3 \bar{R}$$

Ecuación 6 Límite Inferior – Gráfico de recorridos “ \bar{x} -R”

Fuente: Ishikawa, Kaoru (Introducción al control de calidad, 1994).

Donde D_3 y D_4 depende del tamaño de la muestra (Ver Anexo 1) ; y \bar{R} es el promedio de la diferencia entre el máximo y el mínimo de cada subgrupo de muestras.

- **Gráficos “ \bar{x} -S”** (Promedios y desviación estándar): Al igual es que gráfico “ \bar{x} -R”, se compone de dos gráficos. En uno se representan las variables de los promedios de los subgrupos o muestras; y en el otro las variaciones de las desviaciones estándar de las mismas.

Las fórmulas usadas para el planteamiento de los límites de los gráficos “ \bar{x} -S” se muestran a continuación:

○ **Gráfico de promedios:**

$$LCS = \bar{\bar{x}} + A_3 \bar{S}$$

Ecuación 7 Límite Superior – Gráfico de promedios “ \bar{x} -S”

Fuente: Montgomery, Douglas C. (Control estadístico de la calidad, 2013).

$$LC = \bar{\bar{x}}$$

Ecuación 8 Límite Central – Gráfico de promedios “ \bar{x} -S”

Fuente: Montgomery, Douglas C. (Control estadístico de la calidad, 2013).

$$LCI = \bar{x} - A_3 \bar{S}$$

Ecuación 9 Límite Inferior – Gráfico de promedios “ \bar{x} -S”

Fuente: Montgomery, Douglas C. (Control estadístico de la calidad, 2013).

Donde A_3 está tabulado (Ver Anexo 1); \bar{x} corresponde al promedio de la media de los subgrupos de muestras; y \bar{S} es el promedio de la desviación estándar de cada subgrupo de muestras.

- **Gráfico de desviaciones estándar:**

$$LCS = B_4 \bar{S}$$

Ecuación 10 Límite Superior – Gráfico de desviaciones estándar “ \bar{x} -S”

Fuente: Montgomery, Douglas C. (Control estadístico de la calidad, 2013).

$$LC = \bar{S}$$

Ecuación 11 Límite Central – Gráfico de desviaciones estándar “ \bar{x} -S”

Fuente: Montgomery, Douglas C. (Control estadístico de la calidad, 2013).

$$LCI = B_3 \bar{S}$$

Ecuación 12 Límite Inferior – Gráfico de desviaciones estándar “ \bar{x} -S”

Fuente: Montgomery, Douglas C. (Control estadístico de la calidad, 2013).

Donde B_3 y B_4 está tabulado (Ver Anexo 1); y \bar{S} es el promedio de la desviación estándar de cada subgrupo de muestras.

5.4.2 Gráficos de control por atributos

- **Gráficos “np”** (Número de unidades – Muestra constante): Se utilizan para los procesos de los cuales se recogen las unidades defectuosas en un tamaño de muestra constante.

Las fórmulas para el establecimiento de límites, se muestran a continuación:

$$LCS = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1 - \bar{p})}$$

Ecuación 13 Límite Superior – Gráfico “np”

Fuente: Ishikawa, Kaoru (Introducción al control de calidad, 1994).

$$LC = n\bar{p}$$

Ecuación 14 Límite Central – Gráfico “np”

Fuente: Ishikawa, Kaoru (Introducción al control de calidad, 1994).

$$LCI = n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1 - \bar{p})}$$

Ecuación 15 Límite Inferior – Gráfico “np”

Fuente: Ishikawa, Kaoru (Introducción al control de calidad, 1994).

Donde $n\bar{p}$ es el promedio de las unidades defectuosas detectadas en las muestras; y \bar{p} corresponde al promedio de las unidades verificadas.

- **Gráficos “p”** (Porcentaje de unidades – Muestra no constante): Al igual que los gráficos “np”, se utiliza para controlar las unidades defectuosas, a diferencia que el gráfico “p” lo hace verificando una proporción de unidades en el total de la muestra inspeccionada, ya que su tamaño no es constante. Por ejemplo, si resultase que hay 5 bicicletas defectuosas en 100, la fracción de unidades defectuosas sería $p = 5/100 = 0,05$ y el porcentaje de unidades defectuosas es de 5 %.

Las fórmulas para el establecimiento de límites son las siguientes:

$$LCS = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n_i}}$$

Ecuación 16 Límite Superior – Gráfico “p”

Fuente: Ishikawa, Kaoru (Introducción al control de calidad, 1994).

$$LC = \bar{p}$$

Ecuación 17 Límite Central – Gráfico “p”

Fuente: Ishikawa, Kaoru (Introducción al control de calidad, 1994).

$$LCI = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n_i}}$$

Ecuación 18 Límite Inferior – Gráfico “p”

Fuente: Ishikawa, Kaoru (Introducción al control de calidad, 1994).

Donde \bar{p} es el promedio de la proporción de unidades defectuosas detectadas en las muestras; y n_i corresponde al promedio de las unidades verificadas.

- **Gráficos “c”** (Número de defectos – Muestra constante): Este tipo de gráfico se usa para verificar el número de defectos presentes en el producto inspeccionado, cuando el tamaño de muestra es constante.

Para calcular los límites de control de este gráfico, se utilizan las siguientes fórmulas:

$$LCS = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$$

Ecuación 19 Límite Superior – Gráfico “c”

Fuente: Ishikawa, Kaoru (Introducción al control de calidad, 1994).

$$LC = \bar{c}$$

Ecuación 20 Límite Central – Gráfico “c”

Fuente: Ishikawa, Kaoru (Introducción al control de calidad, 1994).

$$LCI = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$$

Ecuación 21 Límite Inferior – Gráfico “c”

Fuente: Ishikawa, Kaoru (Introducción al control de calidad, 1994).

Donde \bar{c} es el promedio de los deméritos detectados en las muestras

- **Gráficos “u”** (Porcentaje de defectos – Muestra no constante): Al igual que los gráficos “c”, éstos se usan para verificar los defectos de un producto pero considerando su proporción dentro del tamaño de muestra, ya que éste no es constante. Por tanto, si se presentara que un lote de 200 bicicletas posee 20 defectos, el número de defectos por unidad para cada subgrupo sería $u = 20/200 = 0,1$.

Los límites de control se calculan de la siguiente manera:

$$LCS = \bar{u} + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}}$$

Ecuación 22 Límite Superior – Gráfico “u”

Fuente: Ishikawa, Kaoru (Introducción al control de calidad, 1994).

$$LC = \bar{u}$$

Ecuación 23 Límite Central – Gráfico “u”

Fuente: Ishikawa, Kaoru (Introducción al control de calidad, 1994).

$$LCI = \bar{u} - 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}}$$

Ecuación 24 Límite Inferior – Gráfico “u”

Fuente: Ishikawa, Kaoru (Introducción al control de calidad, 1994).

Donde \bar{u} es el promedio de la proporción de deméritos detectados en las muestras; y n_i corresponde al promedio de las unidades verificadas.

Como se puede observar, en todos los gráficos de control por atributos, se establece un límite de control inferior determinado por una fórmula. Sin embargo, para efectos de análisis, en el presente trabajo todos ellos se considerarán en cero (0), ya que cuando se inspeccionan los atributos, lo más deseable es que no se encuentre ningún defecto, por lo que no interesaría protegerse contra valores pequeños.

5.5 Muestreo para aceptación o rechazo

De acuerdo con el documento utilizado en la materia ‘Control Estadístico de Calidad’ respecto a la inspección por muestreo, “El control de calidad a través de planes establecidos de muestreo tiene como objeto contrastar que la calidad del producto presentado se corresponde con unos determinados niveles preestablecidos de antemano, con el fin de poder ser aceptado o rechazado” (Gisbert Soler, 2017).

En una inspección por muestreo, se examina un número limitado de elementos, tomados al azar, de un lote o durante el proceso de fabricación, siguiendo un plan de muestreo determinado.

5.5.1 Clasificación según el número de muestras

- **Simple:** “Se inspecciona la muestra y se cuenta el número de unidades defectuosas. Si éste número es igual o inferior al número de aceptación se acepta el lote completo, a excepción de las unidades de la muestra que hayan sido encontradas defectuosas, las cuales deben

también rechazarse. Por el contrario, si el número de unidades defectuosas es igual o superior que el número de rechazo, se rechaza el lote entero” (Gisbert Soler, 2017).

- **Doble:** “En este tipo de muestreo se toma una muestra de tamaño inferior a la que sería necesaria en el muestreo simple y si la calidad encontrada es suficientemente buena o mala el lote se acepta o se rechaza. Pero si el resultado obtenido con la muestra es un valor intermedio, se tomará una segunda muestra para decidir la aceptación” (Gisbert Soler, 2017).
- **Múltiple:** “El funcionamiento es el mismo que el muestreo doble, con la diferencia de que se puede llegar a recurrir a más de dos muestras” (Gisbert Soler, 2017).

5.5.2 Clasificación según la clase de inspección

- **Normal:** Siempre se debe llevar a cabo al comienzo de la inspección.
- **Reducida:** Aumenta el riesgo del comprador, ya que se examinan menos piezas, disminuyendo el nivel de inspección o relajando el parámetro de aceptación.
- **Rigurosa:** Disminuye el riesgo del comprador, ya sea bajando el parámetro de aceptación o aumentando el nivel de inspección (número de muestras).

Dependiendo de la situación que se vaya encontrando a lo largo de las inspecciones, se puede pasar de un tipo de inspección a otro de acuerdo con las siguientes reglas (mostradas en la Figura 1):

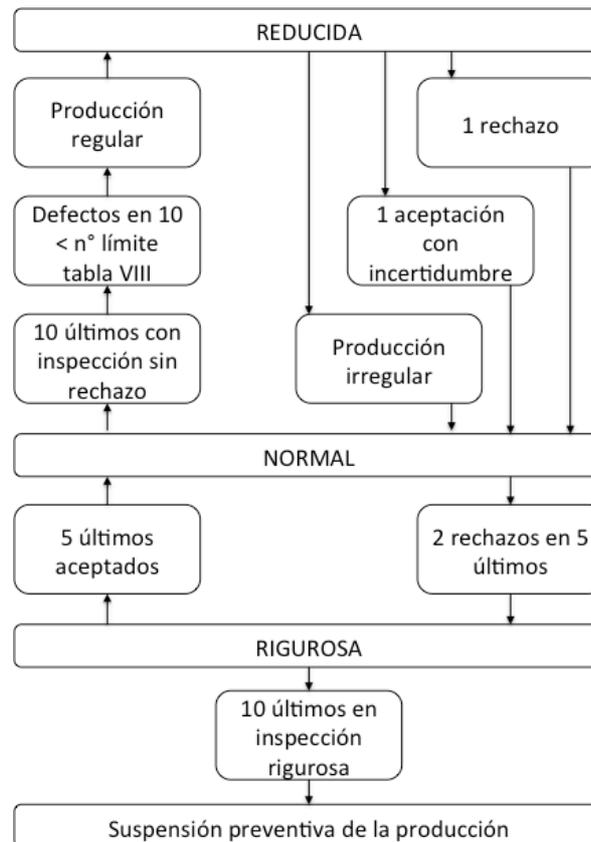


Figura 1 Reglas para cambiar el nivel de severidad de la inspección

Fuente: Elaboración propia con información de Inspección por Muestreo (Gisbert Soler, 2017).

Para tomar decisiones de aceptación y rechazo, se utilizan las tablas de la norma UNE 66020-1:2001 o de la MIL STD 105. Del Anexo 2 al Anexo 17, se muestran las tablas del código de tamaño de muestra y de los diferentes planes de muestreo para la norma UNE 66020-1:2001.

5.6 Capacidad real de proceso

Los procesos industriales siempre tendrán algo de variabilidad aun cuando se encuentren bajo control, es por esto que un producto nunca será idéntico a otro. Esta variabilidad natural se debe comparar con la amplitud de las tolerancias para determinar si un proceso es capaz o no.

El análisis de capacidad de los procesos se puede llevar a cabo por derecha, por izquierda o por ambas, es decir, si lo que se pretende es protegerse de valores bajos, se debe verificar la capacidad por la izquierda, pero si por el contrario se quiere proteger de valores altos, se analiza por derecha.

Se dice que un proceso es realmente capaz cuando el mínimo entre límite índice superior de capacidad y límite índice inferior de capacidad es mayor que uno (1). De esta manera, sería capaz por izquierda cuando el límite índice inferior de capacidad es mayor que uno (1); y sería capaz por derecha cuando el límite índice superior de capacidad es mayor que uno (1).

Las fórmulas utilizadas para el análisis de capacidad, se muestran a continuación:

$$C_{pi} = \frac{\mu - T_i}{3\sigma}$$

Ecuación 25 Límite índice inferior de capacidad

Fuente: Gisbert Soler, Víctor (Contenidos de la asignatura "Control estadístico de Calidad", 2017).

Esta fórmula (Ecuación 25) es utilizada cuando únicamente se tiene especificación inferior, es decir, cuando el cliente posee una tolerancia para valores bajos.

$$C_{ps} = \frac{T_s - \mu}{3\sigma}$$

Ecuación 26 Límite índice superior de capacidad

Fuente: Gisbert Soler, Víctor (Contenidos de la asignatura "Control estadístico de Calidad", 2017).

La Ecuación 26 se usa cuando sólo se tiene especificación superior. En otras palabras, cuando el cliente se quiere proteger contra valores altos.

Donde T_i : Tolerancia inferior del cliente; T_s : Tolerancia superior del cliente; μ : Punto medio de tolerancias; y σ : Desviación estándar del proceso, la cual puede estimarse con la desviación estándar muestral S .

6 Metodología

6.1 Fase 1: Conocer proceso de montaje de las bicicletas eléctricas en la empresa Freedabikes

- Elaborar una lista de los procesos (mapa por niveles) que se llevan a cabo en la empresa, identificando la secuencia de actividades y momentos en los que se toma algún tipo de decisión: se elaboró una lista de las principales actividades ejecutadas para el montaje de bicicletas eléctricas, teniendo en cuenta además los documentos de apoyo utilizados en algunas de ellas. Se identificaron los momentos en los que, quien ensambla, debe verificar las características del producto que va siendo elaborado y las posibles decisiones que puede tomar.
- Determinar los equipos, tecnología usada y variables involucradas en cada uno de los procesos: para este análisis se identificaron cada una de las herramientas utilizadas en el montaje de los productos de la empresa, así como el software de apoyo con el que se configuran las características finales de funcionamiento de la bicicleta. Dicho procedimiento se elaboró con el fin de examinar si alguno de estos equipos o tecnologías requiere algún tipo de mantenimiento o calibración para garantizar la calidad de los mismos y su buen funcionamiento en la ejecución de las tareas.

6.2 Fase 2: Identificar etapas de inspección del proceso a ser analizadas con ayuda de la definición operativa de defectos

- Elaborar la definición operativa de defectos: los diferentes tipos de defectos que se podían presentar en el montaje de bicicletas eléctricas, se determinaron con ayuda de información suministrada por el fundador de la compañía. Se analizaron las características esperadas de cada uno de los componentes que se reciben de los proveedores, al igual que las especificaciones que debían cumplir cada uno de los procesos de transformación que se elaboran. Como resultado de este análisis, se estableció la lista de defectos catalogados en críticos, mayores y menores, cada uno con su título, código, descripción y método de medición. Finalmente, se establecieron los criterios de aceptación o rechazo del producto, asignando un número de deméritos para cada tipo de defecto.
- Identificar etapas de inspección del proceso que requieran especial atención en cuanto a control de la calidad: se dividió el proceso de montaje (planteado en la primera fase) en etapas, una al inicio (recepción de insumos), otra en proceso (montaje de motor y batería) y otra al final; en las cuales se identificaron los atributos y variables a inspeccionar, para posteriormente proponer plantillas de verificación, planes de muestreo, análisis de capacidad de proceso y/o gráficos de control para mantener controlada la calidad en la empresa (fase 3).

6.3 Fase 3: Seleccionar herramientas de control estadístico

- Seleccionar herramientas de control estadístico para abordar y tratar las variabilidades, así como para controlar el proceso de montaje de bicicletas eléctricas: de acuerdo con las fases anteriores, se identificaron las herramientas de control de calidad idóneas para el tipo de

proceso, catalogación de defectos y fuentes de variabilidad presentes en el montaje de bicicletas eléctricas. Se analizaron las diferentes opciones que se tienen en cuanto a gráficos de control y se determinó que se debían usar los “ \bar{x} -R” para controlar las variables y los “p” para verificar los atributos. Adicionalmente, se diseñaron plantillas de recolección de datos, se propuso utilizar la inspección por muestreo y el análisis de capacidad de procesos para consolidar la función de calidad en la compañía.

- Simular el uso de las herramientas de control estadístico seleccionadas: debido a que en Freedabikes no se tiene una gran cantidad de ventas, se generaron valores estimados de las variables o atributos seleccionados (pintura en orificios, voltaje de batería de 48 V nominal, límite de velocidad y presencia de tapas en conectores) siguiendo pautas acordes al desempeño actual de la empresa. Para posteriormente, mostrar e interpretar los resultados obtenidos.
- Diseñar planes de acción para aquellos estándares que no se cumplan: en cuanto a la aparición de defectos y problemas de calidad, se definió un plan de acción estratégico que ayudara a la empresa a afrontar las dificultades y hacerle frente a las mismas, con el fin de garantizar una buena imagen ante los clientes, así como un mejoramiento continuo de los procesos. Adicionalmente, se estableció un cronograma de mantenimiento y calibración para los equipos y herramientas tecnológicas identificadas en la primera fase.

6.4 Limitaciones

A nivel general, se identificaron una serie de limitaciones las cuales se enumeran y explican a continuación:

- La empresa estudiada es una compañía relativamente nueva, donde el dueño y fundador de la misma es quien se encarga, tanto de la recepción de insumos como del montaje de las bicicletas e inspección de calidad de éstas. Por lo cual, en un principio, todas las reuniones se deben llevar a cabo con él, mientras se va ampliando la cobertura del negocio y se van contratando personas que apoyen en las diferentes áreas de la organización.
- Por otro lado, al tener poco mercado en la actualidad, se definen los límites de control de los gráficos con ayuda de la generación de valores aleatorios o con distribuciones específicas, de manera que se pueda tener una base de control inicial, pero que con el tiempo y el aumento del tamaño de la empresa se irían perfeccionando y ajustando.
- Adicionalmente, se dificulta el contacto con los proveedores de motores y baterías por encontrarse en China y por la barrera cultural e idiomática que hay de por medio. Sin embargo, para comenzar se puede continuar con una relación basada en la comunicación vía correo electrónico, en inglés, para que en el momento que se tenga consolidada la función de calidad en la empresa, se estandaricen los métodos de comunicación con proveedores, así como la manera en la que se les medirá y se crearán relaciones a largo plazo con los mismos, de tal manera que se garantice el suministro y el cumplimiento de las especificaciones deseadas por la empresa.
- No se han encontrado investigaciones previas respecto al tema estudiado, debido a que se trata de una PYME de nueva generación, por su ubicación geográfica y por la especificidad del tema en cuestión (control estadístico de calidad en el montaje de bicicletas eléctricas). No obstante, en el presente informe se toma como referencia un amplio marco teórico con

información genérica, a partir de la cual se trabaja y se generan contenidos que pueden ser útiles para el desempeño de la calidad en Freedabikes. Cabe resaltar que uno de los autores que se destaca como referente en el tema es Kaouru Ishikawa y más específicamente, su libro “Introducción al control de calidad”, jugó un papel importante en la elaboración de análisis del presente trabajo, ya que abarca un amplio espectro de teorías que, al ser aplicadas correctamente, podrían llegar a suponer beneficios y mejoras prolongadas en el tiempo para las empresas.

7 Control estadístico de la calidad en el proceso de montaje de bicicletas eléctricas de Freedabikes

7.1 Proceso de montaje de las bicicletas eléctricas en la empresa Freedabikes

7.1.1 Mapa por niveles

El proceso comienza por una verificación de las características de la bicicleta que posee el cliente que desea convertir en vehículo eléctrico. Para dicha validación, la empresa facilita a sus clientes información en la página web acerca de las especificaciones que debe cumplir la bicicleta, así como plantillas para descargar, imprimir y comprobar que la batería tiene espacio suficiente para ser instalada en la barra diagonal.

En caso que la bicicleta no cumpla, la empresa analiza opciones, pero en la mayoría de los casos no se procede a realizar la conversión. En ocasiones los clientes solicitan ubicar la batería en la parte trasera de la bicicleta, pero por motivos de estabilidad de la misma y evitar malos funcionamientos, la empresa descarta esa opción y rechaza el negocio.

Si la bicicleta cumple con las especificaciones, se procede a preparar el vehículo para el montaje de la batería y el motor, desmontando algunos de los componentes con los que cuenta: pedales, bielas, caja centro, manubrio, frenos, cambios y palanca de cambios.

Posteriormente se instalan la batería y el motor, los cuales pueden ser ensamblados paralelamente, es decir, se puede montar primero uno que otro o hacer los dos simultáneamente.

Una vez instalados los dos componentes principales, se conecta la batería y se verifica que la bicicleta cumpla con las condiciones para ser usada como vehículo eléctrico: que suba y baje asistencia y que el motor se active tanto con el pedaleo como con el acelerador, realizando los ajustes necesarios.

Antes de entregar la bicicleta al cliente, se configuran las variables del vehículo con ayuda de un software que posee la empresa (Controller System), donde se determina la velocidad límite, los distintos niveles de asistencia, entre otros.

Para finalizar se toman fotos del producto final, se montan a las redes sociales de la compañía, con previa autorización del cliente, y se entrega el vehículo al usuario, asesorándolo en el manejo y cuidado de los diferentes elementos instalados y funcionalidades nuevas.

En la Figura 2, se muestra la secuencia de actividades, así como el detalle en la instalación de la batería y el motor.

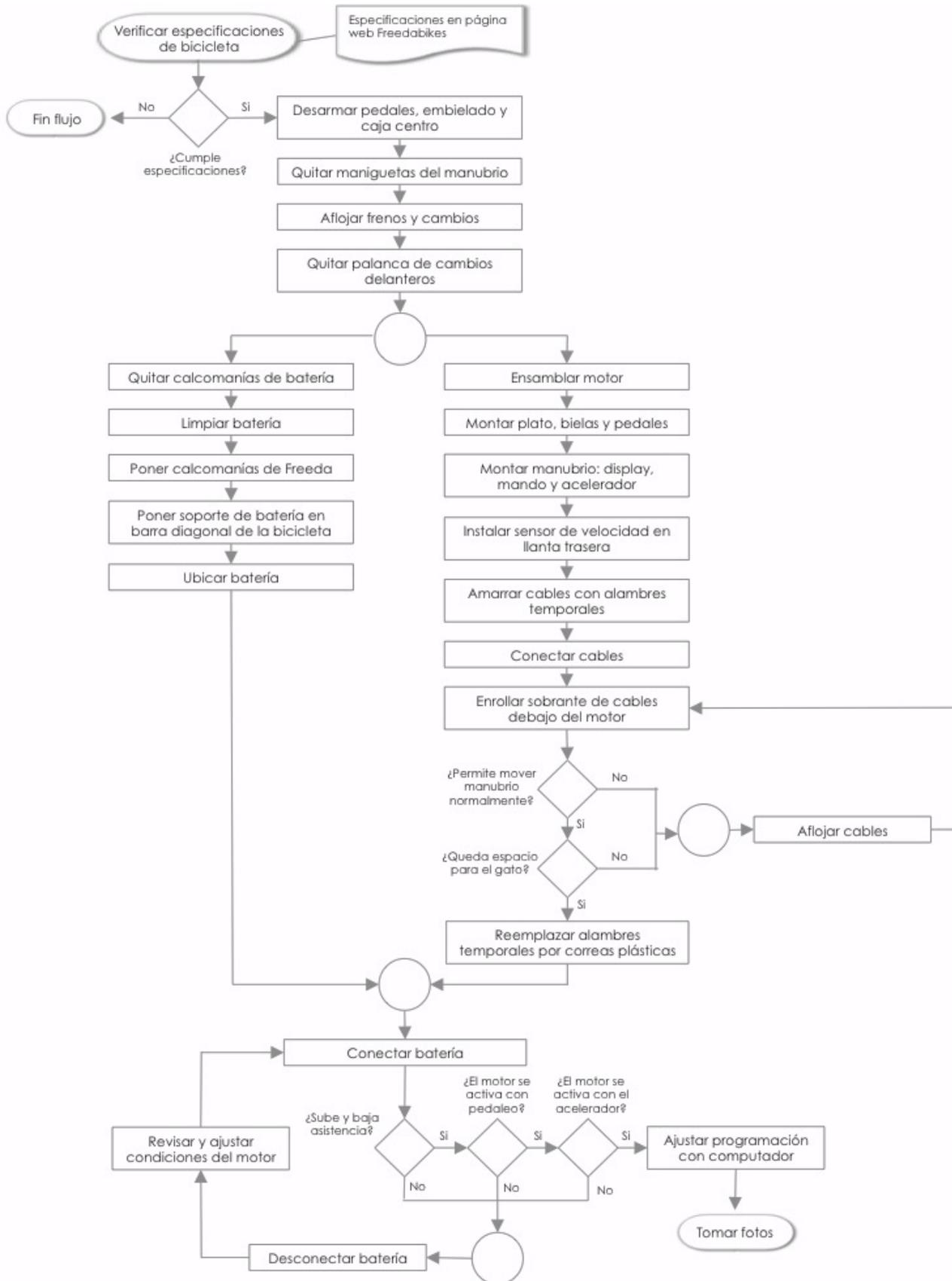


Figura 2 Mapa por niveles – Montaje de bicicletas eléctricas Freedabikes

Fuente: Elaboración propia con información suministrada por Daniel Palacios López (2017).

7.1.2 Equipos y tecnología involucradas

Para el montaje de bicicletas eléctricas en Freedabikes, se utilizan los siguientes equipos (Tabla 1) y tecnología (Tabla 2):

Tabla 1 Equipos y herramientas utilizadas en el proceso

Equipos y herramientas	Función
Soporte de bicicleta	Sostener la bicicleta en el aire o en la posición deseada de acuerdo con la tarea que se esté realizando
Llave hexagonal 15 mm	Para quitar y poner pedales
Llave Allen 8 mm	Para quitar y poner bielas
Extractor de bielas	Para quitar bielas
Copa eje centro	Para quitar caja centro
Jeringa con agua	Para quitar maniguetas del manubrio
Llave Allen 5 mm	Para aflojar frenos y cambios, quitar palanca de frenos delanteros y ensamblar el motor
Copa Bafang de tuerca principal	Para ensamblar el motor
Llave Bafang	Para ensamblar el motor
Llave Allen 5 mm	Para ensamblar el motor
Llave Allen 4 mm	Para poner el plato
Despinador de cadena	Para instalar o recortar la cadena de la bicicleta
Destornillador	Para cuadrar cambios
Llave Allen 3mm	Para instalar pantalla (display)
Llave Allen 2.5mm	Para instalar mando
Alambres	Para amarrar temporalmente cables
Zunchos plásticos (10, 15 y 20cm)	Para amarrar cables
Cortafrío	Para cortar cables
Pela cables	Para desnudar cables
Cinta aislante	Para unir los cables eléctricos de la batería
Termo encogibles 9 mm	Para encauchetar cables del motor
Cinta auto-fundente	Para unir los cables eléctricos de la batería

Fuente: Elaboración propia con información suministrada por Daniel Palacios López (2017).

En cuanto a los equipos y herramientas utilizadas en el proceso, se puede decir que el único que requeriría calibración y mantenimiento es el soporte de la bicicleta, ya que el resto de herramientas mencionadas son de larga vida útil y dado el caso que alguna se llegara a dañar, habría que reemplazarla, comprando una nueva, pero no requieren revisión periódica.

Tabla 2 Tecnología y software utilizados en el proceso

Tecnología y software	Función
Software de configuración de bicicletas: Controller System	Utilizado para configurar cada una de las variables que puede tener la bicicleta en cuanto sea puesta en marcha

Fuente: Elaboración propia con información suministrada por Daniel Palacios López (2017).

El software mencionado requiere una actualización periódica de acuerdo con las versiones que lance el proveedor del mismo.

7.2 Definición operativa de defectos y etapas de inspección del proceso

7.2.1 Definición operativa de defecto

PRODUCTO

Kits de conversión eléctricos instalados en bicicletas convencionales (de pedaleo) que las convierten en bicicletas eléctricas personalizadas con alta capacidad de ascenso en cuestas.

DEFECTOS CRÍTICOS

EJE DESCENTRADO. Código ED (c). El eje de motor se encuentra con maquinado descentrado y sobresale del centro más de 2,1 mm. La rosca del motor presenta una terminación dispareja, es decir, en un lado de la circunferencia se encuentra más salido que en el otro. Se aprecia visualmente, no permite su ensamble y se mide con Pie de Rey.

MOTOR CON VELOCIDAD ROTACIONAL BAJA. Código MVRB (c). El motor presenta unas revoluciones por minuto inferiores a 84 (sin soportar carga o peso). Se aprecia midiendo con un medidor óptico de RPM en el eje del motor.

BATERÍA MALA. Código BM. La batería no da voltaje. Se mide con multímetro en sus terminales.

CONTROLADOR MALO. Código CM. Algún componente electrónico del controlador está dañado. En la pantalla muestra "Error30" y luego de cambiar conexiones con una pantalla buena o cables buenos sigue presentando el error.

DEFECTOS MAYORES

EJE DESCENTRADO. Código ED (M). El eje de motor se encuentra con maquinado descentrado y sobresale del centro de 0,5 a 2,0 mm. La rosca del motor presenta una terminación dispareja, es decir, en un lado de la circunferencia se encuentra más salido que en el otro. Se aprecia visualmente, no permite su ensamble y se mide con Pie de Rey.

BATERÍA CON BAJO VOLTAJE. Código BBV (M). La batería presenta un voltaje por debajo del mínimo según su nominal, un voltaje inferior 32,50 V en batería de 48 V nominal o un voltaje inferior a 25,00 V en batería de 36 V nominal. Se aprecia midiendo con multímetro en sus terminales.

BATERÍA CON MENOR ENERGÍA. Código BME (M). La batería presenta una menor energía (vatios/hora) a la especificada por el proveedor, más de un 25 % por debajo de lo especificado. Es decir, para la batería normal de 48 V (de 10,4 A), la especificación del proveedor es que presenta 499,2 Wh, por lo cual presentaría este defecto mayor si tiene 374,4 Wh o menos. Se mide con un descargador de baterías.

MOTOR CON VELOCIDAD ROTACIONAL BAJA. Código MVRB (M). El motor presenta unas revoluciones por minuto de 85 a 94 (sin soportar carga o peso). Se aprecia midiendo con un medidor óptico de RPM en el eje del motor.

ACELERADOR SIN ABRAZADERA. Código ASA. El acelerador de pulgar no presenta la abrazadera metálica en su interior necesaria para su fijación. Se aprecia visualmente.

ENGRASE INSUFICIENTE. Código EI. Insuficiente nivel de engrasado en transmisión del motor. Se aprecia visual y auditivamente, al destapar la cubierta de engranajes secundarios se ve el poco engrase y el nivel de sonido al accionar el motor es más elevado.

EXCESO DE PINTURA EN ORIFICIOS. Código EPO. Las roscas de ensamble u orificios para los tornillos presentan exceso de pintura o rebaba. Se aprecia al intentar introducir el tornillo en su ubicación y algo no lo permite, se verifica visualmente y midiendo con Pie de Rey el diámetro interior, el cual es inferior a 3 mm.

PUERTO USB DESALINEADO. Código PUD. La batería posee el puerto USB desalineado con la carcasa. Se aprecia visualmente y probando con un conector USB macho que no conectaría.

DEFECTOS MENORES

EJE DESCENTRADO. Código ED (m). El eje de motor se encuentra con maquinado descentrado y sobresale del centro de 0 a 0,4 mm. La rosca del motor presenta una terminación dispareja, es decir, en un lado de la circunferencia se encuentra más salido que en el otro. Se aprecia visualmente, no permite su ensamble y se mide con Pie de Rey.

BATERÍA CON BAJO VOLTAJE. Código BBV (m). La batería presenta un voltaje por debajo del mínimo según su nominal, un voltaje de 32,51 V a 42,12 V en batería de 48 V nominal o de 25,01 V a 32,40 V en batería de 36 V nominal. Se aprecia midiendo con multímetro en sus terminales.

BATERÍA CON MENOR ENERGÍA. Código BME (m). La batería presenta una menor energía (vatios/hora) a la especificada por el proveedor, entre un 25 y un 10 % por debajo de lo especificado. Es decir, para la batería normal de 48 V (de 10,4 A), la especificación del proveedor es que presenta 499,2 Wh, por lo cual presentaría este defecto menor si tiene entre 374,5 Wh y 449,3 Wh. Se mide con un descargador de baterías.

MOTOR CON VELOCIDAD ROTACIONAL BAJA. Código MVRB (m). El motor presenta unas revoluciones por minuto de 95 a 121 (sin soportar carga o peso). Se aprecia midiendo con un medidor óptico de RPM en el eje del motor.

BATERÍA RAYADA. Código BR. La batería presenta rayas o pequeños golpes en la superficie, ocasionadas posiblemente en el transporte. Se aprecia visualmente y al tacto.

CARCASA MOTOR RAYADA. Código CMR. La carcasa del motor presenta rayas o pequeños golpes en la superficie, ocasionadas posiblemente en el transporte. Se aprecia visualmente y al tacto.

EXCESO DE SILICONA. Código ES. Por fuera de la carcasa del motor se presenta exceso de silicona. Se aprecia visualmente.

CONECTORES SIN TAPAS. Código CST. Los conectores no usados no tienen tapa. Se aprecia visualmente.

LÍMITE DE VELOCIDAD ERRÓNEO. Código LVE. El límite de velocidad configurado por nivel de asistencia no se cumple en la bicicleta montada. Se mide leyendo la velocidad en la pantalla del sistema.

DEFINICIÓN OPERATIVA DE BICICLETA ELÉCTRICA DEFECTUOSA

A cada tipo de defecto nombrado anteriormente se le asigna la siguiente cantidad de deméritos:

- Un defecto crítico: 7 deméritos.
- Un defecto mayor: 3 deméritos.
- Un defecto menor: 1 demérito.

Una bicicleta eléctrica se considera defectuosa cuando contiene 4 o más deméritos.

Con el fin de visualizar claramente algunos de los defectos mencionados anteriormente, veamos las siguientes figuras:

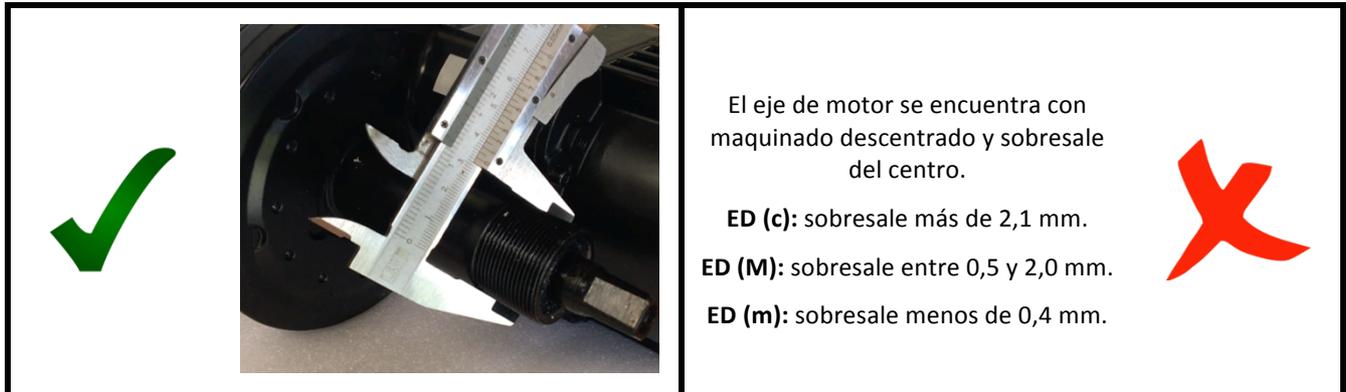


Figura 3 Eje descentrado (Códigos ED (c), ED (M), ED (m))

Fuente: Elaboración propia.

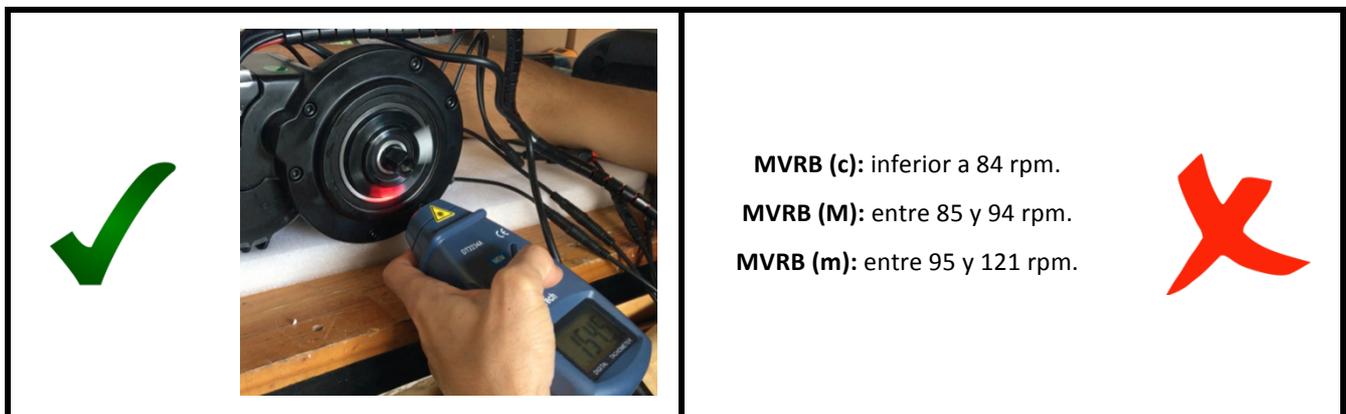


Figura 4 Motor con velocidad rotacional baja (Códigos MVRB (c), MVRB (M), MVRB (m))

Fuente: Elaboración propia.

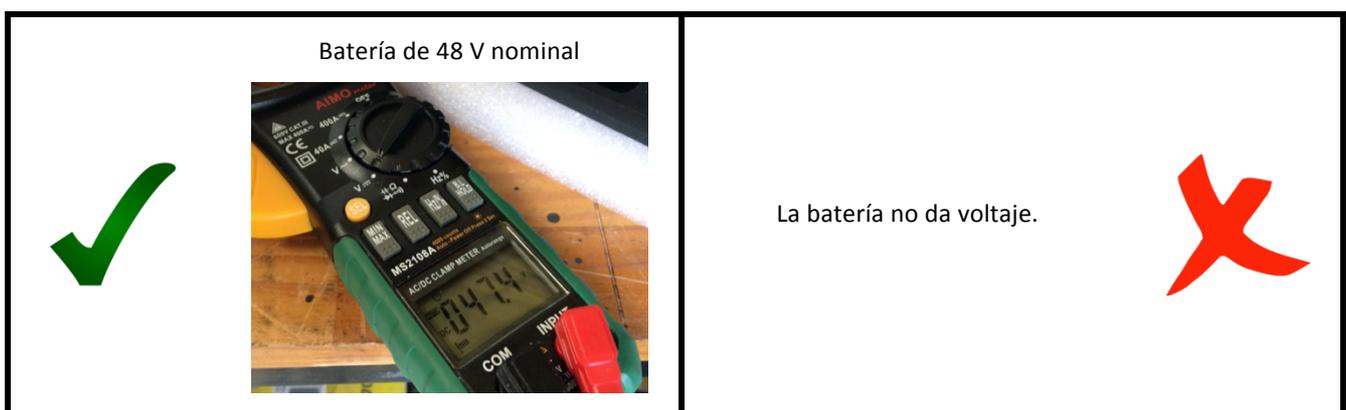


Figura 5 Batería mala (Código BM)

Fuente: Elaboración propia.



Figura 6 Controlador malo (Código CM)

Fuente: Elaboración propia.

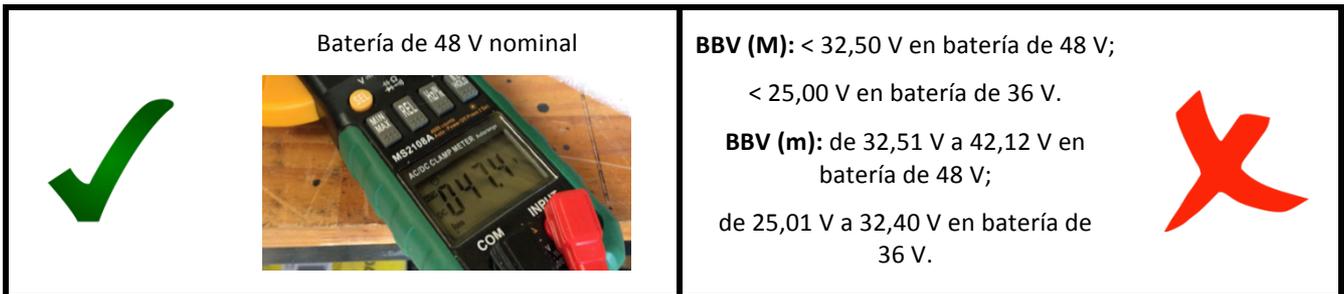


Figura 7 Batería con bajo voltaje (Códigos BBV (M), BBV (m))

Fuente: Elaboración propia.

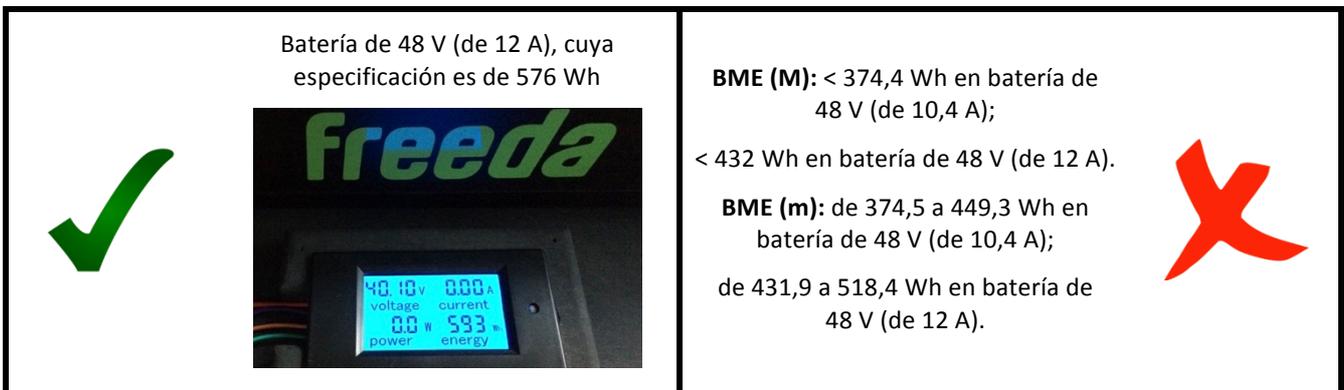


Figura 8 Batería con menor energía (Códigos BME (M), BME (m))

Fuente: Elaboración propia.



Figura 9 Acelerador sin abrazadera (Código ASA)

Fuente: Elaboración propia.



Figura 10 Engrase insuficiente (Código EI)

Fuente: Elaboración propia.



Figura 11 Exceso de pintura en orificios (Código EPO)

Fuente: Elaboración propia.



Figura 12 Puerto USB desalineado (Código PUD)

Fuente: Elaboración propia.



La batería se observa sin rayas ni rugosidades, con su carcasa en perfecto estado.

Figura 13 Batería rayada (Código BR)

Fuente: Elaboración propia.



El motor se observa sin rayas ni rugosidades, con su carcasa en perfecto estado.

Figura 14 Carcasa motor rayada (Código CMR)

Fuente: Elaboración propia.



Figura 15 Exceso de Silicona (Código ES)

Fuente: Elaboración propia.



Figura 16 Conectores sin tapa (Código CST)

Fuente: Elaboración propia.



Figura 17 Límite de velocidad erróneo (Código LME)

Fuente: Elaboración propia.

Los instrumentos de medición, utilizados para detectar anomalías o defectos de calidad, mencionados en la descripción de los mismos, se muestran a continuación:



Figura 18 Instrumentos de medición

Fuente: Captura de cámara.

Como se puede observar en la Figura 18, el primer instrumento, de izquierda a derecha, es el medidor óptico de revoluciones por minuto, el cual utiliza un adhesivo reflectivo que se debe pegar en el eje del motor, de tal manera que el sensor detecte el movimiento de dicho adhesivo, mostrando así, las vueltas que éste realiza en un lapso determinado de tiempo; el segundo es el multímetro, utilizado para medir el voltaje de la batería; y finalmente, el tercero, es el pie de rey, usado para medir algunas distancias entre las partes del elemento que se esté analizando.

Otro instrumento de medición es el denominado descargador de baterías, el cual determina si éstas tienen baja energía o poseen la adecuada para ser utilizadas en una bicicleta eléctrica.



Figura 19 Descargador de baterías

Fuente: Captura de cámara.

7.2.2 Etapas de inspección del proceso

Con el fin de simplificar y estandarizar el control de calidad en el montaje de bicicletas eléctricas, se identifican las principales etapas del proceso donde se requiere monitorear y medir las variables involucradas para así tomar la decisión de aceptar o rechazar los insumos recibidos, el producto que va siendo montado o que ha sido finalizado.

Etapas #1: Llegada de insumos a la empresa (materia prima)

Una vez se reciban los insumos para el montaje de la bicicleta eléctrica se deben revisar los siguientes atributos y medir las siguientes variables:

Tabla 3 Variables y atributos a inspeccionar en los insumos

Insumo	Tipo de medida	Característica
Batería	Atributos	Estado físico (rayas, golpes, etc.)
		Alineación puerto USB
	Variables	Voltaje
		Energía
Motor	Atributos	Estado de la carcasa (silicona, rayas, golpes, etc.)
		Alineación del eje
		Estado del controlador (errores en pantalla)
		Estado de las roscas de ensamble (pintura dentro de orificios)
		Abrazadera de acelerador
	Variables	Velocidad rotacional

Fuente: Elaboración propia.

Los atributos y variables expuestos en la Tabla 3, se revisan y se miden con el fin de detectar el resultado de calidad que tienen los defectos nombrados a continuación:

- Eje descentrado (Códigos ED (c), ED (M), ED (m)).
- Controlador malo (Código CM).
- Motor con velocidad rotacional baja (Códigos MVRB (c), MVRB (M), MVRB (m)).
- Batería mala (Código BM).
- Batería con bajo voltaje (Códigos BBM (M), BBM (m)).
- Batería con menor energía (Códigos BME (M), BME (m)).
- Acelerador sin abrazadera (Código ASA).
- Exceso de pintura en orificios (Código EPO).
- Puerto USB desalineado (Código PUD).
- Batería rayada (Código BR).
- Carcasa motor rayada (Código CMR).
- Exceso de silicona (Código ES).

Cada una de estas observaciones, debe ser registrada en la plantilla de recolección de datos, cuyo diseño propuesto se muestra en el apartado 7.3.1 Herramientas de control estadístico.

En la etapa #1 es en la que se revisa una mayor cantidad de atributos y variables por ser el momento clave de inicio de operaciones en la empresa, es decir, cuando se reciben los insumos se debe velar porque, todas y cada una de las materias primas recibidas, cumplan con las especificaciones requeridas para comenzar con el montaje de las bicicletas eléctricas.

Etapa #2: Después de conectar cables de motor y batería (producto en proceso)

Cuando la bicicleta se encuentre en proceso de montaje se deberán verificar algunas variables y atributos con el fin de rectificar que el producto está siendo elaborado con calidad y que no queda faltando ningún atributo por inspeccionar.

En esta etapa se propone inspeccionar el nivel de engrase en la transmisión del motor, así como la presencia de tapas en los conectores de los cables del mismo. Dicha verificación se hace con el fin de identificar la presencia de los siguientes defectos:

- Engrase insuficiente (Código EI).
- Conectores sin tapas (Código CST).

Etapa #3: Luego de ajustar programación de la bicicleta con computador (producto terminado)

Para garantizar que la bicicleta funciona correctamente antes de ser entregada al cliente, después de configurarla con ayuda del software que posee la empresa, se debe verificar que el límite de velocidad establecido para cada uno de los niveles de asistencia de la bicicleta corresponda con los que se tienen en el funcionamiento real de la misma.

Con esta operación se analizará el defecto:

- Límite de velocidad erróneo (Código LVE).

Adicionalmente, se debe realizar una verificación general de la calidad de la bicicleta (prueba de ruta) y capacitar al usuario en el uso de la misma para garantizar que los componentes tendrán el máximo rendimiento a lo largo de su vida útil.

7.3 Herramientas de control estadístico

7.3.1 Herramientas de control estadístico

Para llevar a cabo las inspecciones de calidad se propone usar distintas herramientas, las cuales se aplican a los posibles defectos que se presentan y se verifican en determinadas etapas del proceso.

A continuación, se muestra un resumen de los defectos que se deben inspeccionar al inicio, en el proceso o al final, según las etapas descritas en el apartado anterior (7.2.2), así como la herramienta que se debe utilizar para medir cada uno de ellos.

Tabla 4 Etapa y herramienta de control de calidad por defecto

DEFECTO	TIPO	HERRAMIENTA	ETAPA		
			# 1	# 2	# 3
Eje descentrado	Variable	PRD (100 %)	X		
Controlador malo	Variable	PRD (100 %)	X		
Acelerador sin abrazadera	Atributo	PRD (muestreo)	X		
Exceso de pintura en orificios	Atributo	PRD (muestreo)	X		
Puerto USB desalineado	Atributo	PRD (muestreo)	X		
Batería rayada	Atributo	PRD (muestreo)	X		

DEFECTO	TIPO	HERRAMIENTA	ETAPA		
			# 1	# 2	# 3
Carcasa motor rayada	Atributo	PRD (muestreo)	X		
Exceso de silicona	Atributo	PRD (muestreo)	X		
Motor con velocidad rotacional baja (sin soportar carga o peso)	Variable	Análisis de capacidad	X		
Batería mala	Variable	Análisis de capacidad	X		
Batería con bajo voltaje	Variable	Análisis de capacidad	X		
Batería con menor energía	Variable	Análisis de capacidad	X		
Engrase insuficiente	Atributo	Gráfico "p"		X	
Conectores sin tapas	Atributo	Gráfico "p"		X	
Límite de velocidad erróneo	Variable	Gráfico " \bar{x} -R"			X

Fuente: Elaboración propia.

7.3.1.1 Inspección al 100 % con plantillas de recolección de datos (PRD)

Debido a que el motor juega un papel importante en el desempeño final de una bicicleta eléctrica, se establece inspeccionar algunas de sus características al 100 %, es decir, de todos los motores que se reciban se debe verificar el estado del eje (para garantizar que puede ser acoplado a la bicicleta) y del controlador (para que no presente errores en pantalla), ya que, si alguna de estas características falla y no puede ser solucionada, el producto debe ser devuelto al proveedor.

A continuación, se muestra el diseño propuesto para las plantillas de recolección de datos al 100 %:

Tabla 5 Plantilla de recolección de datos para el defecto 'eje descentrado'

PLANTILLA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
Información general			
Fecha recepción insumos			
Fecha inspección			
Operario			
Carácterística a medir			
Nombre y código de defecto	Eje descentrado (Códigos ED (c), ED (M) y ED (m))		
Descripción de defecto	El eje de motor se encuentra con maquinado descentrado y sobresale del centro. La rosca del motor presenta una terminación dispareja, es decir, en un lado de la circunferencia se encuentra más salido que en el otro.		
Instrumento de medición	Pie de Rey		
Medición	Distancia maquinado al centro		
TOMA DE MUESTRAS			
N	Hora	Valor	Decisión
1			<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
2			<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
3			<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
4			<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
5			<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
6			<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
7			<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
8			<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
9			<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
10			<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6 Plantilla de recolección de datos para el defecto ‘controlador malo’

PLANTILLA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
Información general			
Fecha recepción insumos			
Fecha inspección			
Operario			
Característica a medir			
Nombre y código de defecto	Controlador malo (Código CM)		
Descripción de defecto	Algún componente electrónico del controlador está dañado. En la pantalla muestra "Error30" y luego de cambiar conexiones con una pantalla buena o cables buenos sigue presentando el error.		
Instrumento de medición	Se aprecia visualmente		
Medición	Bueno o malo		
TOMA DE MUESTRAS			
N	Hora	Bueno / Malo	Decisión
1			<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
2			<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
3			<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
4			<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
5			<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
6			<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
7			<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
8			<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
9			<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
10			<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar

Fuente: Elaboración propia.

7.3.1.2 Inspección por muestreo con plantillas de recolección de datos (PRD)

El resto de características que deben ser inspeccionadas al inicio, sin incluir el eje y el controlador, se analizarán mediante muestreo.

Para la elaboración del muestreo, suponiendo un tamaño de lote de 100 unidades y para un nivel de inspección II (con el cual siempre se realiza el muestreo a menos que se especifique lo contrario), se debe tomar en cuenta la letra F (Ver Anexo 2). Esta tabla nos muestra además, los criterios de aceptación y rechazo que debemos tener en cuenta para decidir si el lote cumple con la calidad deseada o no, de acuerdo con un Nivel de Calidad Aceptable definido por la empresa (dichos valores se deben diligenciar en la plantilla para conocer los límites). Posteriormente, se procede a llevar a cabo la toma de muestras definida para el inicio y se continúa el proceso rigiéndose por las reglas de cambio entre un nivel de severidad de inspección a otro, dependiendo de los resultados obtenidos (Ver Figura 1).

En este caso, para todos los defectos que se analicen por muestreo, se comenzará por una inspección normal en muestreo simple y se deberá pasar a rigurosa cuando se tengan 2 rechazos en las 5 últimas inspecciones, así como se podrá disminuir a reducida cuando se tengan los 10 últimos sin rechazo alguno.

Para efectos de análisis, se incluye la opción de ‘reparar’ en la decisión para el lote (Tabla 7 a Tabla 12), ya que en ocasiones, es posible corregir la anomalía y continuar con el proceso normalmente, momento en el cual se debe señalar la opción ‘aprobar’ y a su vez la de ‘reparar’. Sin embargo,

cuando ésta no vaya acompañado de la opción ‘aprobar’, se considera como un rechazo interno, que aunque no se devuelva el producto al cliente, se tiene en cuenta como resultado negativo para tomar la decisión de pasar de un tipo de inspección a otro.

A continuación, se muestra el diseño propuesto para las plantillas de recolección de datos con muestreo:

Tabla 7 Plantilla de recolección de datos para el defecto ‘acelerador sin abrazadera’

PLANTILLA DE RECOLECCIÓN DE DATOS										
Información general										
Fecha recepción insumos										
Fecha inspección										
Operario										
Carácterística a medir										
Nombre y código de defecto		Acelerador sin abrazadera (Código ASA)								
Descripción de defecto		El acelerador de pulgar no presenta la abrazadera metálica en su interior necesaria para su fijación								
Instrumento de medición		Se aprecia visualmente								
Medición		Presenta o no presenta abrazaderas								
TOMA DE MUESTRAS										
N	Tipo muestreo	Tipo inspección	Tamaño de lote	Letra	NCA	Muestras	A	R	Resultado	Decisión para el lote
1	Simple	Normal								<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
2										<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
3										<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
4										<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
5										<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
6										<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
7										<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
8										<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
9										<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
10										<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8 Plantilla de recolección de datos para el defecto ‘exceso de pintura en orificios’

PLANTILLA DE RECOLECCIÓN DE DATOS										
Información general										
Fecha recepción insumos										
Fecha inspección										
Operario										
Carácterística a medir										
Nombre y código de defecto		Exceso de pintura en orificios (Código EPO)								
Descripción de defecto		Las roscas de ensamble u orificios para los tornillos presentan exceso de pintura o rebaba								
Instrumento de medición		Pie de Rey								
Medición		Diámetro interior								
TOMA DE MUESTRAS										
N	Tipo muestreo	Tipo inspección	Tamaño de lote	Letra	NCA	Muestras	A	R	Resultado	Decisión para el lote
1	Simple	Normal								<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
2										<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
3										<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
4										<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
5										<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
6										<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
7										<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
8										<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
9										<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
10										<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9 Plantilla de recolección de datos para el defecto 'puerto USB desalineado'

PLANTILLA DE RECOLECCIÓN DE DATOS										
Información general										
Fecha recepción insumos										
Fecha inspección										
Operario										
Característica a medir										
Nombre y código de defecto		Puerto USB desalineado (Código PUD)								
Descripción de defecto		La batería posee el puerto USB desalineado con la carcasa								
Instrumento de medición		Se aprecia visualmente y probando con un conector USB macho que no conectaría								
Medición		Bueno o malo								
TOMA DE MUESTRAS										
N	Tipo muestreo	Tipo inspección	Tamaño de lote	Letra	NCA	Muestras	A	R	Resultado	Decisión para el lote
1	Simple	Normal								<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
2										<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
3										<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
4										<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
5										<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
6										<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
7										<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
8										<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
9										<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
10										<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10 Plantilla de recolección de datos para el defecto 'batería rayada'

PLANTILLA DE RECOLECCIÓN DE DATOS										
Información general										
Fecha recepción insumos										
Fecha inspección										
Operario										
Característica a medir										
Nombre y código de defecto		Batería rayada (Código BR)								
Descripción de defecto		La batería presenta rayas o pequeños golpes en la superficie, ocasionadas posiblemente en el transporte								
Instrumento de medición		Se aprecia visualmente y al tacto								
Medición		Buena o mala								
TOMA DE MUESTRAS										
N	Tipo muestreo	Tipo inspección	Tamaño de lote	Letra	NCA	Muestras	A	R	Resultado	Decisión para el lote
1	Simple	Normal								<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
2										<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
3										<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
4										<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
5										<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
6										<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
7										<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
8										<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
9										<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
10										<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11 Plantilla de recolección de datos para el defecto ‘carcasa motor rayada’

PLANTILLA DE RECOLECCIÓN DE DATOS												
Información general												
Fecha recepción insumos												
Fecha inspección												
Operario												
Característica a medir												
Nombre y código de defecto		Carcasa motor rayada (Código CMR)										
Descripción de defecto		La carcasa del motor presenta rayas o pequeños golpes en la superficie, ocasionadas posiblemente en el transporte										
Instrumento de medición		Se aprecia visualmente y al tacto										
Medición		Bueno o malo										
TOMA DE MUESTRAS												
N	Tipo muestreo	Tipo inspección	Tamaño de lote	Letra	NCA	Muestras	A	R	Resultado	Decisión para el lote		
1	Simple	Normal								<input type="checkbox"/> Aprobar	<input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor)	<input type="checkbox"/> Reparar
2										<input type="checkbox"/> Aprobar	<input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor)	<input type="checkbox"/> Reparar
3										<input type="checkbox"/> Aprobar	<input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor)	<input type="checkbox"/> Reparar
4										<input type="checkbox"/> Aprobar	<input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor)	<input type="checkbox"/> Reparar
5										<input type="checkbox"/> Aprobar	<input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor)	<input type="checkbox"/> Reparar
6										<input type="checkbox"/> Aprobar	<input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor)	<input type="checkbox"/> Reparar
7										<input type="checkbox"/> Aprobar	<input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor)	<input type="checkbox"/> Reparar
8										<input type="checkbox"/> Aprobar	<input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor)	<input type="checkbox"/> Reparar
9										<input type="checkbox"/> Aprobar	<input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor)	<input type="checkbox"/> Reparar
10										<input type="checkbox"/> Aprobar	<input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor)	<input type="checkbox"/> Reparar

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12 Plantilla de recolección de datos para el defecto ‘exceso de silicona’

PLANTILLA DE RECOLECCIÓN DE DATOS												
Información general												
Fecha recepción insumos												
Fecha inspección												
Operario												
Característica a medir												
Nombre y código de defecto		Exceso de silicona (Código ES)										
Descripción de defecto		Por fuera de la carcasa del motor se presenta exceso de silicona										
Instrumento de medición		Se aprecia visualmente										
Medición		Bueno o malo										
TOMA DE MUESTRAS												
N	Tipo muestreo	Tipo inspección	Tamaño de lote	Letra	NCA	Muestras	A	R	Resultado	Decisión para el lote		
1	Simple	Normal								<input type="checkbox"/> Aprobar	<input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor)	<input type="checkbox"/> Reparar
2										<input type="checkbox"/> Aprobar	<input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor)	<input type="checkbox"/> Reparar
3										<input type="checkbox"/> Aprobar	<input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor)	<input type="checkbox"/> Reparar
4										<input type="checkbox"/> Aprobar	<input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor)	<input type="checkbox"/> Reparar
5										<input type="checkbox"/> Aprobar	<input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor)	<input type="checkbox"/> Reparar
6										<input type="checkbox"/> Aprobar	<input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor)	<input type="checkbox"/> Reparar
7										<input type="checkbox"/> Aprobar	<input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor)	<input type="checkbox"/> Reparar
8										<input type="checkbox"/> Aprobar	<input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor)	<input type="checkbox"/> Reparar
9										<input type="checkbox"/> Aprobar	<input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor)	<input type="checkbox"/> Reparar
10										<input type="checkbox"/> Aprobar	<input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor)	<input type="checkbox"/> Reparar

Fuente: Elaboración propia.

Para que el trabajador pueda llevar a cabo la inspección por muestreo, se le entregaría una carpeta con todas las tablas necesarias para conocer la letra código según el tamaño de muestra y los planes de muestreo según el tipo de inspección y muestreo en el que se encuentre, es decir, se le darían las tablas del Anexo 2 al Anexo 17, además de las plantillas mostradas en el presente apartado (Tabla 7 a Tabla 12).

7.3.1.3 Análisis de capacidad

Freedabikes establece unas tolerancias mínimas para los voltajes y energías de las baterías, así como para la velocidad rotacional de los motores, por lo que se propone realizar un análisis de capacidad para verificar que los proveedores de dichos artefactos (motor y batería) cumplen con las especificaciones deseadas y de esta manera, establecer los límites de control para los gráficos.

Debido a las limitaciones del presente trabajo (mencionadas en el numeral 6.4), al tratarse de una empresa pequeña, la cual aún no cuenta con gran cantidad de mercado, ésta no recibe la cantidad de insumos necesarios para el estudio de capacidad, por lo cual, se generarán las plantillas y una vez se vayan recibiendo insumos, se procederá a analizar la capacidad de los proveedores.

Una vez se tengan muestras, se deberá calcular el promedio de las mismas, tanto para cada número de tomas como una media general de los promedios. Así mismo, se deberá calcular la desviación estándar de los datos, para luego generar el promedio de las mismas. Posteriormente, se aplicará la Ecuación 25 Límite índice inferior de capacidad, la cual se usa en los casos en los que el cliente tenga una especificación inferior (el caso del presente proyecto).

En resumen, se calculará la media de las medias y la media de las desviaciones estándar. Adicionalmente, se usará la tolerancia inferior de cada uno de las variables estudiadas. Para el caso de la batería de 36 V, la tolerancia inferior es de 25 V; para la de 48 V es de 32,5 V; para la energía de la batería será de 374,4 Wh; y para la velocidad rotacional del motor 84 rpm.

7.3.1.4 Gráficos " \bar{x} -R" (Gráficos de control por variables)

En algunos sectores como el farmacéutico y aeronáutico es obligatorio el uso de los gráficos " \bar{x} -S". Sin embargo, para realizar el control de calidad de las variables del montaje, se recomienda utilizar el gráfico " \bar{x} -R", ya que es menos complejo de aplicar y en la mayoría de los casos aporta información similar al gráfico " \bar{x} -S".

Este tipo de gráfico se usará para controlar la calidad de la variable del "límite de velocidad", inspeccionado en la etapa #3.

Para el establecimiento de los límites de control se debe tener en cuenta el tamaño de la muestra, ya que de éste depende el valor de A_2 (Gráfico de medias) y de D_4 (Gráfico de recorridos). Los cuales se establecen con ayuda de la tabla del Anexo 1. En este caso se generaron 4 (cuatro) muestras por número de toma, por lo cual, el valor de A_2 es 0,729 y de D_4 es 2,282.

Además de considerar los valores A_2 y D_4 mencionados anteriormente, con el fin de tener valores de muestras, se generaron valores con una distribución normal de media 40 (km/h) y desviación estándar de 2 (km/h). Dichas cantidades fueron estimadas gracias a la experiencia en el comportamiento del cumplimiento de los límites de velocidad.

De esta manera, aplicando las ecuaciones 1 a 5, se obtienen los siguientes límites de control:

Tabla 13 Límites de control para el gráfico " \bar{x} -R" del defecto 'límite de velocidad erróneo'

Medias	LCS	42,826
	LCI	37,364
	LC	40,095
Recorridos	LCS	8,548
	LC	3,746

Fuente: Elaboración propia.

Para el caso del límite de control inferior en el gráfico de recorridos, se considerará en 0, ya que no se busca proteger contra valores bajos, es decir, mientras más cerca se encuentren las muestras la una de la otra, mejor será el comportamiento del proceso.

Con los límites de control mencionados en la Tabla 13, se procede a elaborar la plantilla del gráfico que servirá de base para ubicar cada una de las muestras que se tomen y analizar el comportamiento de los valores a lo largo del tiempo.

A continuación, se muestra el gráfico “ \bar{x} -R” (de medias y de recorridos) utilizado para controlar la variable del límite de velocidad en las bicicletas eléctricas.

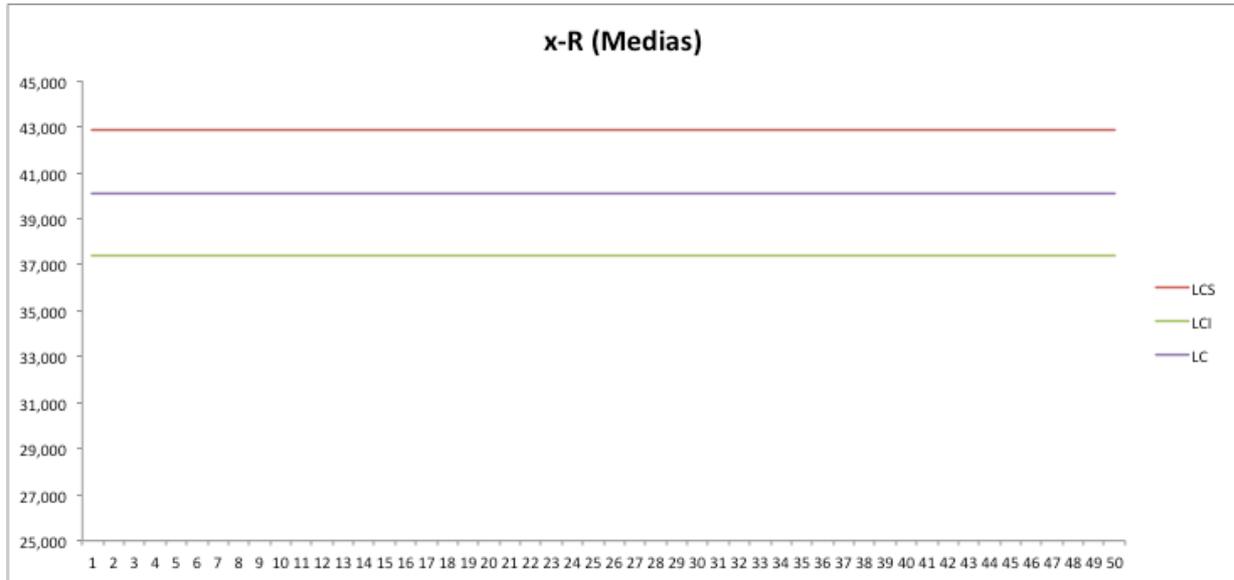


Gráfico 1 Gráfico de medias “ \bar{x} -R” para el defecto ‘límite de velocidad erróneo’

Fuente: Elaboración propia.

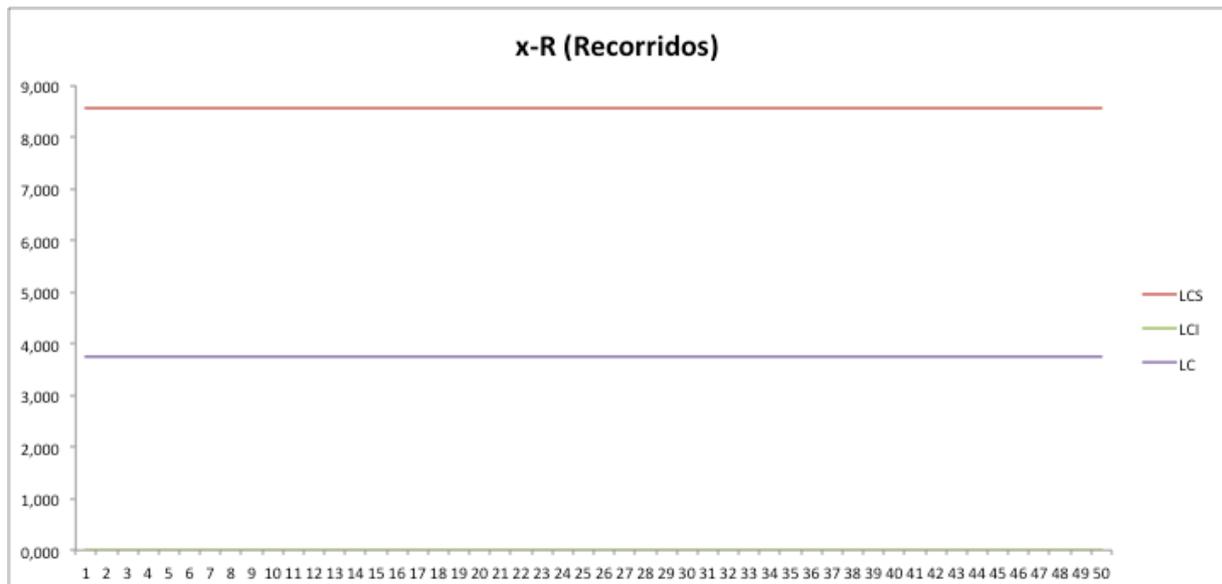


Gráfico 2 Gráfico de recorridos “ \bar{x} -R” para el defecto ‘límite de velocidad erróneo’

Fuente: Elaboración propia.

7.3.1.5 Gráficos “p” (Gráficos de control por atributos)

Los gráficos “np” y “p”, tienen facilidad de aplicación por parte de quienes lo elaboran, ya que éstos únicamente deben ubicar las unidades defectuosas (tamaño de lote constante) o la proporción de unidades defectuosas (tamaño de lote variable) en el gráfico. En este caso, se eligió trabajar con los “p” debido a que el lote analizado no será constante, razón por la cual se deberá identificar las unidades defectuosas y hallar la proporción en el lote analizado. De esta manera se detectarán las situaciones de alerta para que así se puedan tomar las medidas pertinentes y se obtengan productos de buena calidad.

Para analizar los atributos del montaje de bicicletas eléctricas, se seleccionaron algunos de los expuestos en la definición operativa de defecto, los cuales son: “Nivel de engrase del motor” y “Presencia de tapa de conectores” (etapa #2).

Al igual que para el establecimiento de los límites de control de los gráficos “ \bar{x} -R”, se generaron valores con ayuda de las funciones de Excel. En este caso, se simulaban lotes aleatorios y se consideró una probabilidad de ocurrencia entre el 1 y el 3 % para el ‘engrase insuficiente’, y entre el 5 y el 15 % para los ‘conectores sin tapa’.

De esta manera, luego de aplicar las ecuaciones 16, 17 y 18, los límites de control resultantes fueron:

Tabla 14 Límites de control para el gráfico ‘p’ del defecto ‘engrase insuficiente’

Gráfico "p" Nivel de engrase del motor	LCS	0,057
	LCI	0,000
	LC	0,020

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15 Límites de control para el gráfico ‘p’ del defecto ‘conectores sin tapa’

Gráfico "p" Presencia de tapa de conectores	LCS	0,137
	LCI	0,000
	LC	0,070

Fuente: Elaboración propia.

Así como se mencionó en el apartado anterior, referente al límite inferior del gráfico de recorridos del “ \bar{x} -R”, para los gráficos “p”, también se considerará en cero, debido a que lo ideal es que no se presenten unidades defectuosas y no se debe proteger contra valores bajos.

Los gráficos “p” que se utilizarán para controlar los atributos ‘nivel de engrase’ y ‘presencia de tapa de conectores’, se muestran a continuación:



Gráfico 3 Gráfico ‘p’ para el defecto ‘engrase insuficiente’

Fuente: Elaboración propia.

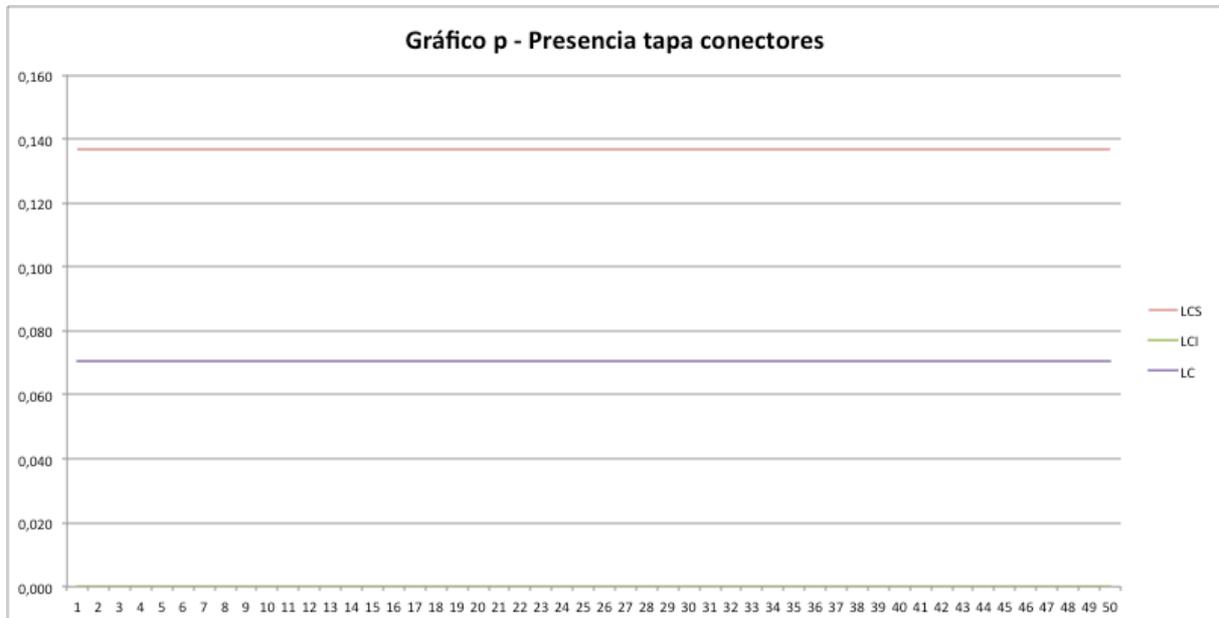


Gráfico 4 Gráfico ‘p’ para el defecto ‘conectores sin tapa’

Fuente: Elaboración propia.

7.3.2 Simulación del uso de herramientas de calidad

7.3.2.1 Inspección al 100 %

Para conocer cómo se utilizaría la herramienta de inspección al 100 % se tomará como ejemplo el defecto 'eje descentrado', del cual se recopilaron algunos datos (lote de 4 motores recibidos el 19 de marzo de 2018):

Tabla 16 Simulación inspección al 100 % para el defecto 'eje descentrado'

PLANTILLA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
Información general			
Fecha recepción insumos	19/03/18		
Fecha inspección	20/03/18		
Operario	Daniel Palacios López		
Carácterística a medir			
Nombre y código de defecto	Eje descentrado (Códigos ED (c), ED (M) y ED (m))		
Descripción de defecto	El eje de motor se encuentra con maquinado descentrado y sobresale del centro. La rosca del motor presenta una terminación dispereja, es decir, en un lado de la circunferencia se encuentra más salido que en el otro.		
Instrumento de medición	Pie de Rey		
Medición	Distancia maquinado al centro		
TOMA DE MUESTRAS			
N	Hora	Valor	Decisión
1	14:20	33,0 mm	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
2	14:27	32,8 mm	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
3	14:38	32,5 mm	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
4	14:45	32,9 mm	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar

Fuente: Elaboración propia.

No se continúa con la simulación debido a que, para el caso de los dos defectos analizados por medio de la inspección al 100 %, no aporta información útil con datos escalados, ya que cada elemento estudiado debe ser observado con detalle y tomar acciones en cada caso, siendo irrelevante generar datos aleatorios.

7.3.2.2 Inspección por muestreo

Para simular el uso de los planes de muestreo en la compañía, se selecciona el defecto 'exceso de pintura en orificios'. Como se mencionó en el numeral 7.3.1.2, suponiendo un tamaño de lote de 100 unidades y un nivel de inspección II, la letra que se debe usar es la F, tomando con ella un total de 20 muestras en el plan de muestreo especificado. Adicionalmente, considerando que en Freedabikes se tiene un NCA de 2,5 %, los valores de aceptación y rechazo son 1 y 2 respectivamente (extraídos de la tabla del Anexo 3).

Se continúa con la simulación de valores escalados (10 por cada unidad real), y rigiéndose por las reglas de paso entre un nivel de inspección a otro (Figura 1), se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 17 Simulación inspección por muestreo para el defecto 'exceso de pintura en orificios'

PLANTILLA DE RECOLECCIÓN DE DATOS										
Característica a medir										
Nombre y código de defecto		Exceso de pintura en orificios (Código EPO)								
Descripción de defecto		Las roscas de ensamble u orificios para los tornillos presentan exceso de pintura o rebaba								
Instrumento de medición		Pie de Rey								
Medición		Diámetro interior								
TOMA DE MUESTRAS										
N	Tipo muestreo	Tipo inspección	Tamaño de lote	Letra	NCA	Muestras	A	R	Resultado	Decisión para el lote
1	Simple	Normal	100	F	2,5%	20	1	2	0	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
2	Simple	Normal	40	D	2,5%	8	0	1	0	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
3	Simple	Normal	80	E	2,5%	13	1	2	1	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input checked="" type="checkbox"/> Reparar
4	Simple	Normal	40	D	2,5%	8	0	1	0	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
5	Simple	Normal	50	D	2,5%	8	0	1	0	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
6	Simple	Normal	20	C	2,5%	5	0	1	0	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
7	Simple	Normal	40	D	2,5%	8	0	1	0	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
8	Simple	Normal	30	D	2,5%	8	0	1	0	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
9	Simple	Normal	40	D	2,5%	8	0	1	0	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
10	Simple	Normal	100	F	2,5%	20	1	2	1	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input checked="" type="checkbox"/> Reparar
11	Simple	Reducida	50	D	2,5%	3	0	1	0	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
12	Simple	Reducida	60	E	2,5%	5	1	2	2	<input type="checkbox"/> Aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
13	Simple	Normal	20	C	2,5%	5	0	1	0	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
14	Simple	Normal	20	C	2,5%	5	0	1	0	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
15	Simple	Normal	40	D	2,5%	8	0	1	0	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
16	Simple	Normal	50	D	2,5%	8	0	1	1	<input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input checked="" type="checkbox"/> Reparar
17	Simple	Rigurosa	30	D	2,5%	8	0	1	0	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
18	Simple	Rigurosa	30	D	2,5%	8	0	1	0	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar
19	Simple	Rigurosa	90	E	2,5%	13	1	2	1	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input checked="" type="checkbox"/> Reparar
20	Simple	Rigurosa	70	E	2,5%	13	1	2	2	<input type="checkbox"/> Aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Rechazar (Devolver al proveedor) <input type="checkbox"/> Reparar

Fuente: Elaboración propia.

Si se quisiera conocer el riesgo del proveedor y del consumidor obtenidos en el primer muestreo realizado (muestreo simple, inspección normal), basados en una distribución binomial, se debe proceder a buscar en la tabla correspondiente (Anexo 18 a Anexo 23), ubicando la letra F y el nivel de calidad aceptable 2,5 %:

- **Riesgo del proveedor:** el porcentaje de lotes no aceptados en el plan de muestreo simple e inspección normal (Anexo 18), sería de 8,82 %.
- **Riesgo del consumidor:** el porcentaje de elementos no conformes en el plan de muestreo simple e inspección normal (Anexo 21), sería de 18,1 %.

En otras palabras, la probabilidad de rechazar un lote bueno con el NCA especificado es de 8,82 % y la probabilidad de aceptar un lote malo es de 18,1 %.

7.3.2.3 Análisis de capacidad

A manera de ejemplo, se simula el comportamiento de la variable: voltaje para la batería de 48 V nominal, para lo cual, se generan valores (4 muestras por número de toma) con un distribución normal de media 48 y desviación estándar de 5.

Tabla 18 Simulación análisis de capacidad baterías de 48 V nominal

Nº Toma	MUESTRAS				X'	S
1	46,63	48,06	47,41	44,11	46,55	1,73
2	45,92	39,55	46,91	49,06	45,36	4,09
3	41,38	44,87	51,75	42,96	45,24	4,57
4	47,93	54,28	45,63	42,18	47,50	5,10

Nº Toma	MUESTRAS				X'	S
5	47,44	53,35	44,81	46,83	48,11	3,67
6	47,04	43,99	50,45	40,89	45,59	4,10
7	49,13	52,97	45,99	38,97	46,76	5,93
8	44,59	40,59	46,30	45,66	44,29	2,56
9	53,14	39,74	47,87	38,12	44,72	7,05
10	58,09	51,42	50,72	44,63	51,21	5,51
11	50,16	39,58	41,18	50,38	45,32	5,75
12	54,85	44,21	43,99	50,87	48,48	5,31
13	51,42	50,96	52,62	48,84	50,96	1,57
14	44,66	47,55	51,06	42,20	46,37	3,82
15	48,63	47,61	58,30	53,63	52,04	4,93
16	53,09	44,27	48,46	46,36	48,05	3,77
17	52,31	37,64	59,70	54,96	51,15	9,51
18	44,63	49,10	58,49	54,71	51,73	6,11
19	48,96	45,75	51,42	41,69	46,96	4,21
20	46,17	48,88	49,97	48,66	48,42	1,60
21	42,34	39,58	49,56	49,14	45,16	4,98
22	42,07	46,59	50,28	57,61	49,14	6,57
23	50,32	49,42	41,00	53,06	48,45	5,20
24	44,91	51,19	51,22	48,28	48,90	3,00
25	46,93	49,98	45,46	43,01	46,35	2,91

Fuente: Elaboración propia.

Con los datos mostrados en la Tabla 18, se procede a aplicar la fórmula correspondiente al análisis de capacidad por izquierda, para verificar si el proceso es capaz y por tanto, si cumpliría con las tolerancias mínimas que se tienen dentro de la empresa.

Los resultados de la simulación anterior son:

$$\mu = 47,712$$

$$Ti = 32,5$$

$$\sigma = 4,541$$

$$3\sigma = 13,624$$

Aplicando la Ecuación 25:

$$Cpi = \frac{\mu - Ti}{3\sigma}$$

$$Cpi = \frac{47,712 - 32,500}{13,624}$$

$$Cpi = 1,117$$

Debido a que el resultado es mayor que 1, se dice que el proceso es capaz por izquierda.

7.3.2.4 Gráficos “ \bar{x} -R”

La única variable analizada mediante gráficos “ \bar{x} -R” es el límite de velocidad y para ésta, después de generar valores siguiendo una distribución normal de media 40 y desviación estándar 2, se graficaron los resultados, obteniendo así la siguiente simulación:

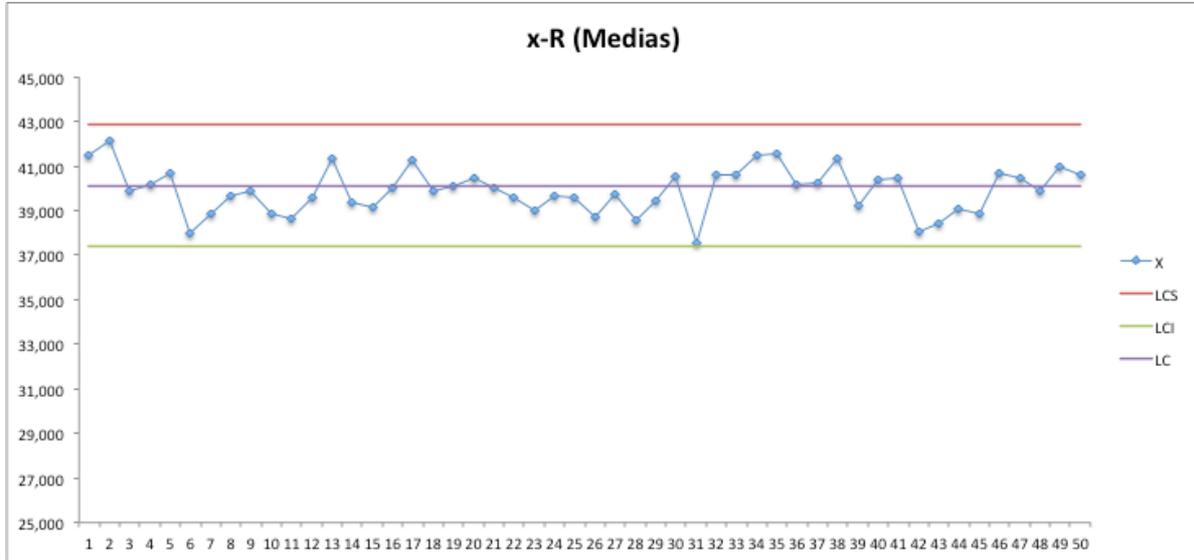


Gráfico 5 Simulación gráfico de medias “ \bar{x} -R” para el defecto ‘límite de velocidad erróneo’

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en el Gráfico 5, no se presenta ningún punto por fuera del límite de control superior, lo cual sugiere que no se presentó ninguna causa asignable en el proceso y por tanto no hay ninguna anomalía especial a tener en cuenta. El comportamiento de los puntos se mantiene dentro de los límites, y aunque en alguna secciones, hay racha de puntos por debajo de la línea central, no suponen signos de alertas. Se puede decir entonces, que el proceso se encuentra bajo control, detectando únicamente causas aleatorias (comunes) en el mismo.

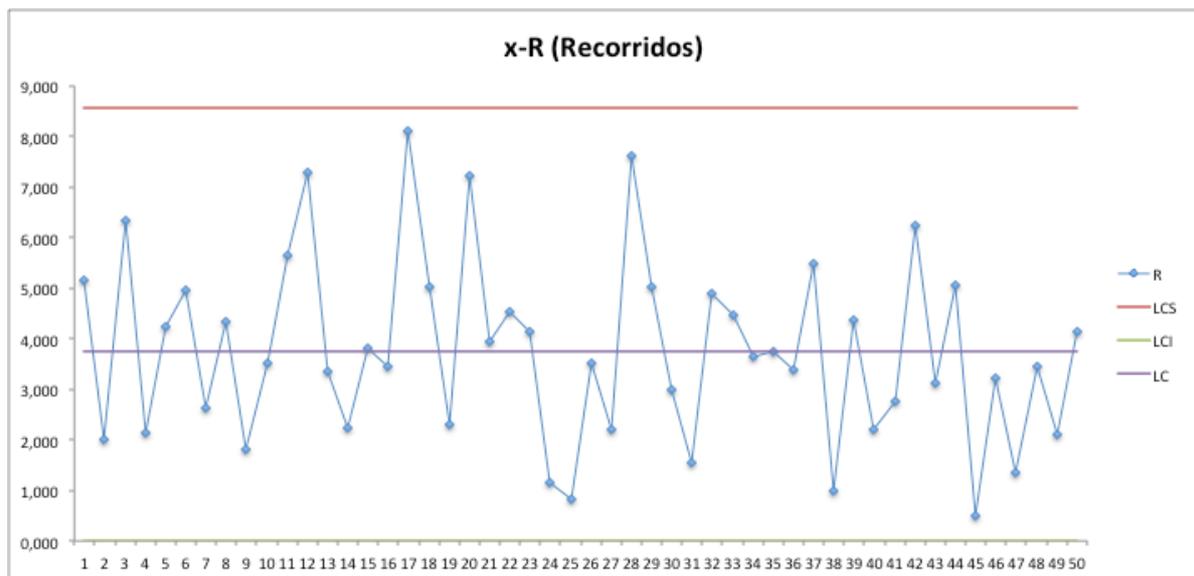


Gráfico 6 Simulación gráfico de recorridos “ \bar{x} -R” para el defecto ‘límite de velocidad erróneo’

Fuente: Elaboración propia.

El gráfico complementario o de recorridos (Gráfico 6) muestra que, a pesar de haber cierta variabilidad entre los puntos, no hay motivos para entrar a analizar en profundidad, ya que ninguno de ellos se sale de los límites de control.

7.3.2.5 Gráficos “p”

Con el fin de mostrar y explicar el uso de los gráficos “p”, se ilustra el defecto ‘conectores sin tapa’, para el cual se crean valores aleatorios tomando una cantidad simulada de unidades verificadas y generando unidades defectuosas con una probabilidad de ocurrencia entre un 5 y un 15 %.

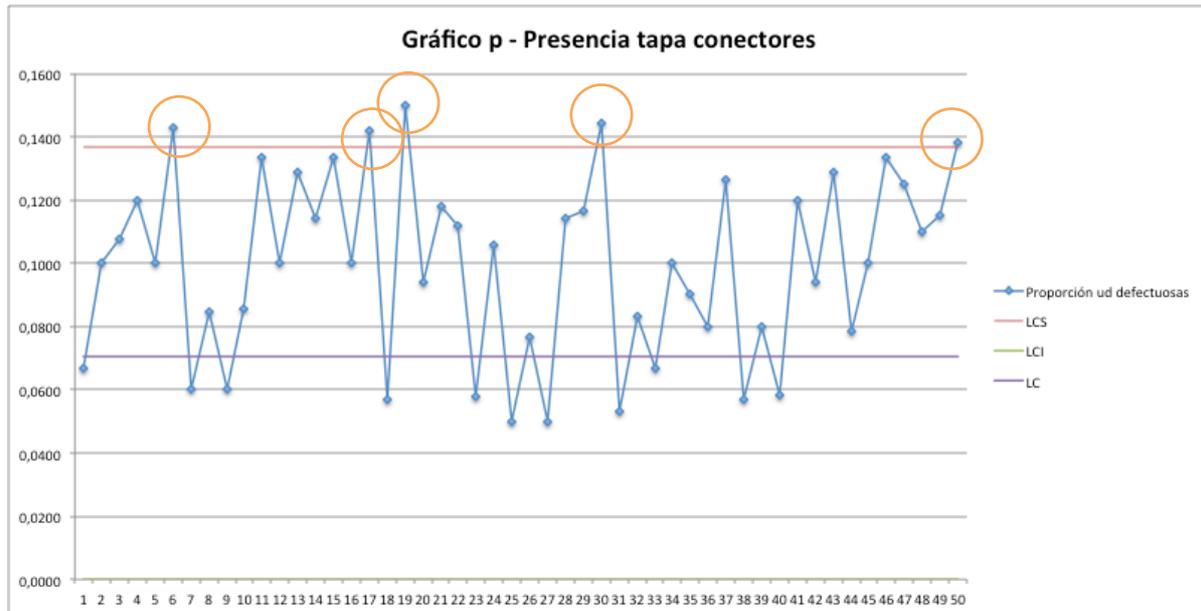


Gráfico 7 Simulación gráfico ‘p’ para el defecto ‘conectores sin tapa’

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en el Gráfico 7, en la simulación se presentan 5 roturas (señaladas en círculos naranjas), donde las muestras se salen del límite de control superior, es decir, una mayor cantidad de conectores a la permitida no tenía tapa. Sin embargo, esta situación puede ser solucionada debido a que en el proceso, sobran las tapas de los conectores utilizados y éstas pueden servir para tapar los que no posean.

7.3.3 Diseño de planes de acción

Paso 1: Capacitar a los involucrados en el control de calidad y uso de cada una de las herramientas planteadas en el presente trabajo.

Llevar a cabo sesiones de trabajo con las personas que vayan a colaborar en el proceso de control de calidad y tratar temas como:

- Importancia del control de calidad en la empresa.
- Estudio de la ‘Definición Operativa de Defecto’ específica de Freedabikes e identificación de cada uno de los defectos en la práctica.
- Bases de la inspección por muestreo y uso de tablas de cada uno de los planes de muestreo.
- Elaboración de gráficos y diligenciamiento de plantillas de recolección de datos.

- Identificación de señales fuera de control en cada uno de los gráficos elaborados para el control de calidad.
- Conceptos de análisis de capacidad de proceso.
- Toma de decisión en los resultados obtenidos con el análisis de calidad.

Paso 2: Analizar cada uno de los defectos con la herramienta y en la etapa correspondiente.

Una vez se haya capacitado a los involucrados, se procederá a llevar a cabo la función de calidad en la empresa, en todas las etapas del proceso definidas en el numeral 7.2.2, teniendo en cuenta las herramientas correspondientes a cada defecto presentadas en la Tabla 4 y explicadas en el numeral 7.3.

Paso 3: Tomar acciones.

Luego de diligenciar plantillas y recolectar los datos necesarios para su análisis, se deben tomar acciones de acuerdo a los hallazgos que se hayan tenido en el proceso.

Respecto a los gráficos “ \bar{x} -R” y “p”, se podrán observar diferentes comportamientos de los puntos, los cuales, una vez el operario tenga los conocimientos requeridos en el control estadístico, mostrarán las posibles causas y permitirán tomar determinadas medidas dependiendo del caso. Es decir, cuando se encuentran tendencias, ya sean ascendentes o descendentes, indica que algunas de las variables se está alterando lentamente y puede requerir el reemplazo de alguna herramienta; si hubiese un punto por fuera de control (rotura), se debe suspender el proceso y atacar la causa para la situación presentada. Y así se continuaría analizando los ciclos, dientes de sierra, rachas de puntos a un mismo lado de la línea central, y demás comportamientos mostrados en los gráficos.

Entre las acciones que se podrían requerir para atacar los problemas, se pueden mencionar:

- **Diagrama causa – efecto:** herramienta que representa la relación entre un efecto (problema) y todas las posibles causas que lo ocasionan. También es llamado Diagrama de Espina de Pescado por ser similar al esqueleto de un pescado.
- **5 porqués:** consiste en preguntarse 5 veces consecutivas (o las veces que sea necesario) la pregunta por qué, hasta llegar a la raíz que genera determinado problema, de tal manera que se pueda solucionar de manera eficaz.
- **Diagrama de Pareto:** representación gráfica de los datos obtenidos de un problema, la cual es útil para identificar los aspectos prioritarios a enfrentar. La Regla de Pareto, empíricamente indica que, aproximadamente el 80 % de los problemas son explicados por aproximadamente el 20 % de las causas.

Las herramientas mencionadas anteriormente servirán para analizar la causa de los problemas y abordar las mismas, evitando que se sigan presentando en el futuro.

Paso 4: Realizar mantenimientos y calibraciones a los equipos.

Tal como se explicó en el numeral 7.1.2, el software utilizado en la empresa requiere una actualización cada vez que el proveedor del mismo lance modificaciones (se estima que generan nueva versión anualmente). Adicionalmente, se debe calibrar y ajustar periódicamente el soporte de bicicletas, el cual se utiliza para sostener la bicicleta mientras se le es realizada toda la operación de montaje de los artefactos que la convierten en eléctrica. Los demás equipos o herramientas,

深圳市鸿昊升电子有限公司
SHENZHEN HONGHAOSHENG ELECTRONICS CO., LTD
电池样品测试报告 Test Report

客户名称 Customer	美国	产品类型 Type	Li-ion Battery				
版本号 Version No.	AO	产品型号 Model No.	14S2P 52V				
检测依据 Test based on	承认书	测试日期 Date	2017-11-15				
测试员 Prepared by	梁金彪	审核 Checked by	[Signature]				
检测设备 Testing equipment	分容柜、测试仪、万能表、卡尺、实验设备 Capacity Testing Machine, Tester, Multimeter, Callipers, laboratory equipment						
测试环境 Testing environment	普通室内环境 Normal indoor environment						
测试内容 Test content							
序号 NO	测试项目 Project	测试标准 Testing standard	测试结果 Result				
			1#	2#	3#	4#	5#
1	外观 Appearance	表面清洁, 无缺陷, 丝印清晰与要求相符, 无凸点, 凹点, 严重划痕	Perfect	Perfect	Perfect	Perfect	Perfect
2	电压 Voltage	≥48V	48.1V	48.1V	48.1V	48.2V	48.15V
3	容量 Capacity	≥6000mAh	OK	OK	OK	OK	OK
4	内阻 Internal resistance	≤140mΩ	118.7mΩ	120.2mΩ	118.8mΩ	120.6mΩ	116.8mΩ
5	过充保护 Over charge Protection	4.25±0.05V	OK	OK	OK	OK	OK
6	过放保护 Over discharge Protection	2.5±0.1V	OK	OK	OK	OK	OK
7	过流保护 Over current protection	230±20A	OK	OK	OK	OK	OK
8	外露引线 Wire	3135 14# 红蓝 XT60公头充电230±10mm 3135 12# 红黑 XT60母头放电230±10mm	OK	OK	OK	OK	OK
	结构尺寸 Size	厚度 Thickness: 80mm max	78.32mm	77.1mm	77.9mm	78.5mm	77.7mm
		宽度 Width: 85 mm max	83.25mm	82.38mm	82.87mm	83.78mm	82.94mm
		长度 Length: 150mm max	131.48mm	132.7mm	131.71mm	131.40mm	131.15mm
备注 Remark:							
测试结论 Test Conclusion: PASS							
客户确认签名 Customer signature			确认日期 Confirm date				
意见如下 Comments:							

Figura 21 Pruebas actuales de calidad del proveedor de baterías

Fuente: Captura de cámara a pruebas enviadas por el proveedor.

Como se puede observar, en la figura mostrada anteriormente, se muestra la prueba de calidad elaborada a las baterías de 48 V que realizó la empresa proveedora antes de enviar el producto a Colombia. Entre las características que revisan, se encuentran, el voltaje, la capacidad, la resistencia interna, las dimensiones, entre otras; aspectos importantes en el desempeño del producto.

Paso 6: Revisar planes.

Como parte de todo proceso de mejora continua, se debe garantizar la continuidad de la mejora, por lo cual se hace necesario evaluar la satisfacción del cliente y valorar los esfuerzos realizados en términos económicos.

Se recomienda elaborar encuestas, tanto a los proveedores como a los clientes, con el fin de conocer su percepción de la relación que se tiene con ellos, así como del servicio prestado y/o recibido. Adicionalmente, es importante que la empresa tenga un registro contable de los costes de no calidad con el fin de analizar la manera en que se ven impactados con la implementación de los controles estadísticos de calidad. Es decir, en términos generales, los gastos de la compañía, deben tener una disminución gracias a la mejora de los procesos que generará menores reprocesos y por tanto menores gastos a la hora de corregir inconsistencias.

8 Discusión de resultados

A continuación, se presentan y se discuten los resultados de las fases del presente trabajo para la consecución de los objetivos del mismo.

8.1 Resultados Fase 1

Uno de los resultados de esta fase fue el planteamiento del mapa por niveles del proceso de montaje de bicicletas eléctricas en Freedabikes, el cual es un elemento de gran ayuda para la capacitación de empleados, así como para tener claridad del momento en el cual se deben aplicar cada una de las herramientas de control de calidad en la empresa.

Adicionalmente, se determinó la tecnología y equipos usados en la compañía para identificar aquellos que requieren algún tipo de mantenimiento y/o calibración. Esta actividad supone una base para comenzar a elaborar revisiones periódicas de los elementos necesarios de tal manera que se eviten errores y posibles fallos en el desempeño de los mismos.

8.2 Resultados Fase 2

Se considera que uno de los resultados más relevantes del presente trabajo es la identificación de defectos y catalogación de éstos en menores, mayores y críticos, debido a que la definición operativa de defecto se convierte en la base para el planteamiento y selección de herramientas, de tal manera que se elimine la subjetividad y toda decisión sea soportada en criterios previamente establecidos.

En relación a las etapas de inspección, se puede decir que, teniendo claridad acerca del momento en el cual se deben llevar a cabo los controles de calidad, las personas involucradas en el proceso deben contar con una disciplina donde lleven a cabo sus funciones rigurosamente, en el momento establecido, intentando no dejar pasar nada por alto. Teniendo en cuenta lo anterior, se recomienda que las personas designadas para la función de calidad, tengan una buena atención al detalle, capacidad de análisis y sean organizadas.

Cabe destacar que, algunos de los defectos que se detecten, como los rayones o fallas estéticas de los productos, que no atenten contra la salud de los usuarios de las bicicletas, pueden ser ofrecidos al cliente por un menor precio. Esto, con el fin de evitar devoluciones al proveedor, las cuales pueden tener un alto coste por la logística y transporte que supone un regreso al país de origen.

8.3 Resultados Fase 3

Durante la realización del presente trabajo, se identificó que para cada uno de los defectos se podían usar varias herramientas de calidad, por lo cual, se considera que la propuesta elaborada no es una camisa de fuerza, sino que en la medida que la empresa vaya madurando y conociendo la función de la calidad en la misma, podría ir variando las herramientas usadas y ajustando los procedimientos de control.

Por ejemplo, para el caso de los atributos inspeccionados al inicio mediante planes de muestreo, se podría llegar a pensar en consolidar un sólo gráfico por atributos, que se componga de varios deméritos y así hacer más conciso el proceso de análisis. De esta manera se registrarían los

resultados en una sola plantilla y se tomarían acciones respecto al demérito que más se presente y afecte la calidad resultante del producto.

Luego de realizar la simulación de la capacidad del proceso para las baterías de 48 V nominal, se puede decir que, si se mantuviera una desviación estándar de 5 V en el comportamiento de los voltajes de dichos elementos, el proceso se consideraría capaz. Sin embargo, si la desviación sufriera cambios y aumentase, es posible que no se cumplan con las tolerancias mínimas especificadas por la empresa, por lo cual, habría que revisar y tomar acciones.

Respecto a los defectos inspeccionados al 100 %, al ser aspectos claves y críticos en el proceso, se considera que cada uno debe ser estudiado con sumo cuidado y en caso de presentar errores, analizar la posibilidad de reparar o devolver al proveedor. En cuanto al exceso de pintura en orificios, se puede decir que la rigurosidad en el paso de una regla a otra en la severidad de inspección, juega un papel importante en la toma de decisiones. Por otro lado, el límite de velocidad (inspeccionado por gráfico " \bar{x} -R"), no presenta signos de alerta y no se generan variabilidades importante en los datos.

Aunque en la simulación del defecto 'conectores sin tapa' se generaron varias roturas, no es preocupante la situación, ya que las tapas sobrantes durante el proceso pueden ser utilizadas en los conectores que quedan sin las mismas.

Se considera que el plan de acción planteado supone un buen punto de partida para comenzar a implementar los nuevos procesos de calidad en Freedabikes, ya que contiene medidas generales que abarcan la implementación, tanto de estrategias generales como específicas en el control de calidad.

Por otro lado, se recomienda analizar la posibilidad de contratar una persona concedora, tanto del montaje de bicicletas eléctricas y artefactos usados para tal fin, como del control estadístico de calidad, de tal manera que se cuente con su apoyo en el tratamiento de las variabilidades detectadas en el día a día de la compañía. Dichos conocimientos, aplicados en el marco de la estandarización, le darán mayor estabilidad y normalización a los procesos de la empresa para pensar en la postulación a certificaciones de calidad en un futuro.

9 Conclusiones y recomendaciones

En Colombia, y más específicamente, en Medellín, ha estado aumentando la demanda de bicicletas eléctricas. Sin embargo, aún se trata de un sector poco explorado pero en pleno crecimiento en la región. Dicho esto, ésta es una opción que puede ser muy rentable para quien lo realiza, siempre y cuando lo haga soportado bajo los más altos estándares de calidad, por las exigencias del mercado. Además de tratarse de un medio de transporte que impacta positivamente en la movilidad y estructura de la sociedad, puede llegar a atentar contra la integridad del conductor de la bicicleta, si ésta no es realizada con responsabilidad y no se hace bajo las bases de un proceso normalizado y confiable.

Se ha detectado que la mayoría de personas que se han interesado por investigar y potenciar el tema de las bicicletas eléctricas, son en su mayoría diseñadores o personas preocupadas por el medio ambiente, por lo cual se identifica la necesidad de incluir a técnicos e ingenieros logísticos y de calidad, que apliquen herramientas tanto para el establecimiento de una cadena de suministro bien estructurada como para el control interno de los procesos realizados por cada uno de los actores.

Respecto al objetivo general del trabajo, se concluye que el Control Estadístico de la Calidad, además de servir como herramienta para mejorar la calidad, elaborar productos seguros y que funcionen correctamente, y disminuir desperdicios, reprocesos y rechazos de productos, puede ser utilizado para la toma de decisiones, ya que permite identificar y analizar las causas de las variabilidades para así plantear soluciones y ejecutarlas con un enfoque en la mejora de procesos.

En el desarrollo de este trabajo, se alcanzaron cada uno de los objetivos específicos planteados al inicio. A continuación se detalla cada uno de ellos:

- **Objetivo 1:** Se identificaron cada una de las actividades llevadas a cabo para el montaje de bicicletas eléctricas, así como las herramientas y tecnología usadas. Todo ello necesario para el entendimiento del proceso y desarrollo de la metodología planteada.
- **Objetivo 2:** Se determinaron cada uno de los defectos que se podían presentar y se dividió el proceso en etapas de inspección, donde se analice cada uno de ellos.
- **Objetivo 3:** Se seleccionaron herramientas de control estadístico de calidad para analizar cada defecto, tales como: inspección al 100 %, inspección por muestreo, gráficos de control " \bar{x} -R" (para las variables), gráficos de control "p" (para los atributos) y análisis de capacidad de proceso. Se simuló el uso de cada una de ellas y se estableció un plan de acción que va desde la capacitación de las personas encargadas de la función de calidad, hasta el control de las relaciones con los proveedores basados en su desempeño de la calidad.

Luego de conocer el proceso de montaje de bicicletas eléctricas, se puede decir que, aunque la tecnología usada y el método de trabajo parecen ser los adecuados, algunas de las actividades requieren especial atención y se sugiere elaborar manuales de proceso detallados para que las personas que lleguen a colaborar, no cometan errores, especialmente al conectar los cables del motor ya que se podrían generar cortos. Cabe destacar, que el motor cuenta con ayudas, como el Poka Yoke, para evitar errores, sin embargo, es posible que con los cables de la batería haya cierta confusión, la cual sería necesaria atacar mediante ayudas visuales y de capacitación a los operarios.

El éxito de la función de calidad en Freedabikes depende en gran medida de que se conozcan y se resuelvan las falencias o problemas de calidad detectados mediante los análisis y muestreos llevados a cabo.

La variabilidad de los procesos puede provenir de diferentes fuentes como lo son los materiales, la maquinaria, el personal, el diseño, el método, el medio ambiente y el mantenimiento. Luego de implementar en la empresa la metodología planteada y registrar los datos, se recomienda aplicar el análisis de causas de variabilidad del proceso, quedando abiertos estos temas para introducirlos en el control de calidad en la compañía en un futuro no muy lejano.

Como parte del Control Estadístico de Calidad en Freedabikes, una vez se tenga controlado el proceso y demás variables involucradas, se recomienda también implementar la homologación de proveedores, de tal manera que éstos continúen entregando productos acordes con las especificaciones y exigencias internas de la empresa y se generen vínculos estrechos basados en la confianza.

Con el presente trabajo se visualizaron con mayor claridad aspectos del Control Estadístico de Calidad, línea de énfasis del master en la cual se posee un alto interés personal, se logró analizar su aplicación, no sólo en el ámbito académico, sino en el mundo laboral. Por esta razón, la realización de este proyecto, supone una experiencia satisfactoria tanto a nivel personal como profesional.

Para finalizar, se considera que al implementar el control estadístico de calidad mediante la metodología expuesta en el presente trabajo, la empresa Freedabikes, podría llegar a disminuir los riesgos tanto del proveedor como del consumidor, logrando una mayor confiabilidad en el mercado y asegurando una compra donde cada una de las partes obtenga beneficios. También supondría un avance para pensar en certificar la compañía en temas relacionados con calidad, para así tener ventajas competitivas frente a los demás vendedores de bicicletas eléctricas. Además, generaría ahorros en Freedabikes, por la disminución de reprocesos que suponen costes adicionales en toda compañía.

Referencias bibliográficas

AENOR: Asociación Española de Normalización y Certificación. (Junio de 2001). Procedimientos de muestreo para la inspección por atributos. *Parte 1: Planes de muestreo para las inspecciones lote por lote, tabulados según el nivel de calidad aceptable (NCA)*, 90. Madrid, España.

BlogTecnocio. (18 de Febrero de 2016). *Tecnocio*. Recuperado el 11 de Julio de 2017, de Bicicletas Eléctricas: <http://www.tecnocio.com/blog/historia-de-las-bicicletas-electricas/>

Definicion.de. (2018). *Definición de RPM*. Recuperado el 2 de Marzo de 2018, de Definicion.de : <https://definicion.de/rpm/>

Educalingo. (2018). Amperio. Recuperado el 18 de Abril de 2018, de Educalingo: <https://educalingo.com/es/dic-es/amperio>

Freeda. (2017). *Freedabikes*. Recuperado el 11 de Julio de 2017, de Bicicletas eléctricas que te hacen más libre y feliz: <https://www.freedabikes.com/>

Gisbert Soler, V. (2017). Contenidos de la asignatura "Control estadístico de Calidad". *Temas 1 a 8*. Alcoy, Alicante, España.

Ishikawa, K. (1994). *Introducción al control de calidad*. (J. Nicolau Medina, Trad.) Madrid: Díaz de Santos.

Juran, J. M., & Gryna, F. M. (1993). *Manual de control de calidad* (4a ed., Vol. II). (A. García Brage, Ed., & J. M. Vallhonrat Bou, Trad.) Madrid: McGraw-Hill.

Miró Albero, J., & Gisbert Soler, V. (2017). Extracto de la publicación. *"Metodología de inspección en la producción: Definición operativa de defectos"*. Alcoy, Alicante, España.

Montgomery, D. C. (2013). *Control estadístico de la calidad* (3a ed.). México: Limusa Wiley.

Palacios López, D. (11 de Febrero de 2018). Freeda en la emisora Cámara FM. (C. F. 95.9, Entrevistador) Youtube.

Palacios López, D. (15 de Julio de 2017). Actividades del proceso de montaje de bicicletas eléctricas – Equipos y software utilizados. (M. Palacios López, Entrevistador) Medellín, Antioquia, Colombia.

Ramírez Prado, J. (2018). *Más de 10.000 bicicletas eléctricas han entrado al mercado local*. Recuperado el 7 de Marzo de 2018, de La República: <https://www.larepublica.co/archivo/mas-de-10000-bicicletas-electricas-han-entrado-al-mercado-local-2175071>

Real Academia Española. (2017). *RAE*. Recuperado el 2 de Marzo de 2018, de Diccionario de la Lengua Española: <http://dle.rae.es/>

Solesco. (2018). *¿Qué es un watio-hora?* Recuperado el 15 de Marzo de 2018, de Solesco Energía S.A.S.: <http://www.solesco.com.co/index.php/component/content/article/12-destacados/52-que-es-fotovoltaica-2>

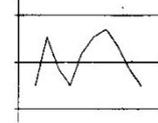
Universidad de Salamanca. (2010-11). *Open Course Ware*. Recuperado el 4 de Julio de 2017, de Control Estadístico de la Calidad: http://ocw.usal.es/ciencias-sociales-1/control-estadistico-de-la-calidad/contenido/ocw_cabero/01_asignaturaCC/Temario/Tema1.pdf

Anexos

Anexo 1 Factores para el cálculo de los límites de los gráficos de control por variables (Criterio 3σ)



FACTORES PARA EL CÁLCULO DE LOS LÍMITES DE DE LOS GRÁFICOS DE CONTROL POR VARIABLES (CRITERIO 3σ)



n	Media				Desviación típica						Rango					
	A	A ₁	A ₂	A ₃	c ₂	c ₄	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	d ₂	d ₃	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
2	2,121	3,760	1,880	2,659	0,5642	0,7979	0,000	1,843	0,000	3,627	1,128	0,853	0,000	3,686	0,000	3,267
3	1,732	2,394	1,023	1,954	0,7236	0,8862	0,000	1,858	0,000	2,568	1,693	0,888	0,000	4,358	0,000	2,575
4	1,500	1,880	0,729	1,628	0,7979	0,9213	0,000	1,808	0,000	2,266	2,059	0,880	0,000	4,698	0,000	2,282
5	1,342	1,596	0,577	1,427	0,8407	0,9400	0,000	1,756	0,000	2,089	2,326	0,864	0,000	4,918	0,000	2,115
6	1,225	1,410	0,483	1,287	0,8686	0,9515	0,026	1,711	0,030	1,970	2,534	0,848	0,000	5,078	0,000	2,004
7	1,134	1,277	0,419	1,182	0,8880	0,9594	0,105	1,672	0,118	1,882	2,704	0,833	0,205	5,203	0,076	1,924
8	1,061	1,175	0,373	1,099	0,9027	0,9650	0,167	1,638	0,185	1,815	2,847	0,820	0,387	5,307	0,136	1,864
9	1,000	1,094	0,337	1,032	0,9139	0,9693	0,219	1,609	0,239	1,761	2,970	0,808	0,546	5,394	0,184	1,816
10	0,949	1,028	0,308	0,975	0,9227	0,9727	0,262	1,584	0,284	1,716	3,078	0,797	0,687	5,469	0,223	1,777
11	0,905	0,973	0,285	0,927	0,9300	0,9754	0,299	1,561	0,321	1,679	3,173	0,787	0,812	5,534	0,256	1,744
12	0,866	0,925	0,266	0,886	0,9359	0,9776	0,331	1,541	0,354	1,646	3,258	0,778	0,924	5,592	0,284	1,716
13	0,832	0,884	0,249	0,850	0,9410	0,9794	0,359	1,523	0,382	1,618	3,336	0,770	1,026	5,646	0,308	1,692
14	0,802	0,848	0,235	0,817	0,9453	0,9810	0,384	1,507	0,406	1,594	3,407	0,762	1,121	5,693	0,329	1,671
15	0,775	0,816	0,223	0,789	0,9490	0,9823	0,406	1,492	0,428	1,572	3,472	0,755	1,207	5,737	0,348	1,652
16	0,750	0,788	0,212	0,763	0,9523	0,9835	0,427	1,478	0,448	1,552	3,532	0,749	1,285	5,779	0,364	1,636
17	0,728	0,762	0,203	0,739	0,9551	0,9845	0,445	1,465	0,466	1,534	3,588	0,743	1,359	5,817	0,379	1,621
18	0,707	0,738	0,194	0,718	0,9576	0,9854	0,461	1,454	0,482	1,518	3,640	0,738	1,426	5,854	0,392	1,608
19	0,688	0,717	0,187	0,698	0,9599	0,9862	0,477	1,443	0,497	1,503	3,689	0,733	1,490	5,888	0,404	1,596
20	0,671	0,697	0,180	0,680	0,9619	0,9869	0,491	1,433	0,510	1,490	3,735	0,729	1,548	5,922	0,414	1,586
21	0,655	0,679	0,173	0,663	0,9638	0,9876	0,504	1,424	0,523	1,477	3,778	0,724	1,606	5,950	0,425	1,575
22	0,640	0,662	0,167	0,647	0,9655	0,9882	0,516	1,415	0,534	1,466	3,819	0,720	1,659	5,979	0,434	1,566
23	0,626	0,647	0,162	0,633	0,9670	0,9887	0,527	1,407	0,545	1,455	3,858	0,716	1,710	6,006	0,443	1,557
24	0,612	0,632	0,157	0,619	0,9684	0,9892	0,538	1,399	0,555	1,445	3,895	0,712	1,759	6,031	0,452	1,548
25	0,600	0,619	0,153	0,606	0,9696	0,9896	0,548	1,392	0,566	1,435	3,931	0,709	1,804	6,058	0,459	1,541

Vicente Carot Alonso

Fuente: (Gisbert Soler, 2017).

Anexo 2 Letras código del tamaño de muestra

Tamaño del lote	Niveles especiales de inspección				Niveles generales de inspección		
	S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	II
2 a 8	A	A	A	A	A	A	B
9 a 15	A	A	A	A	A	B	C
16 a 25	A	A	B	B	B	C	D
26 a 50	A	B	B	C	C	D	E
51 a 90	B	B	C	C	C	E	F
91 a 150	B	B	C	D	D	F	G
151 a 280	B	C	D	E	E	G	H
281 a 500	B	C	D	E	F	H	J
501 a 1 200	C	C	E	F	G	J	K
1 201 a 3 200	C	D	E	G	H	K	L
3 201 a 10 000	C	D	F	G	J	L	M
10 001 a 35 000	C	D	F	H	K	M	N
35 001 a 150 000	D	E	G	J	L	N	P
150 001 a 500 000	D	E	G	J	M	P	Q
500 001 en adelante	D	E	H	K	N	Q	R

Fuente: (AENOR: Asociación Española de Normalización y Certificación, 2001).

Anexo 3 Planes de muestreo simple en inspección normal

Letra código tamaño de la muestra	Tamaño de la muestra	Nivel de calidad aceptable (NCA), en porcentaje de elementos no conformes y no conformidades por 100 unidades (inspección normal)																											
		0,010	0,015	0,025	0,040	0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1000		
		Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	
A	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
B	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
C	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
D	8	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
E	13	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
F	20	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
G	32	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
H	50	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
J	80	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
K	125	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
L	200	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
M	315	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
N	500	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
P	800	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
Q	1250	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
R	2000	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		

- ↓ = Utilizar el primer plan de muestreo bajo la flecha. Si el tamaño de la muestra es igual o excede el tamaño del lote, efectuar el 100% de la inspección
- ↑ = Utilizar el primer plan de muestreo por encima de la flecha
- Ac = Valor de aceptación
- Re = Valor de rechazo

Fuente: (AENOR: Asociación Española de Normalización y Certificación, 2001).

Anexo 4 Planes de muestreo simple en inspección rigurosa

Letra código tamaño de la muestra	Tamaño de la muestra	Nivel de calidad aceptable (NCA), en porcentaje de elementos no conformes y no conformidades por 100 unidades (inspección rigurosa)																											
		0,010	0,015	0,025	0,040	0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1 000		
		Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	
A	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
B	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
C	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
D	8	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
E	13	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
F	20	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
G	32	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
H	50	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
J	80	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
K	125	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
L	200	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
M	315	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
N	500	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
P	800	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
Q	1 250	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
R	2 000	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
S	3 150	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		

- ↓ = Utilizar el primer plan de muestreo bajo la flecha. Si el tamaño de la muestra es igual o excede el tamaño del lote, efectuar el 100% de la inspección
- ↑ = Utilizar el primer plan de muestreo por encima de la flecha
- Ac = Valor de aceptación
- Re = Valor de rechazo

Fuente: (AENOR: Asociación Española de Normalización y Certificación, 2001).

Anexo 5 Planes de muestreo simple en inspección reducida

Letra código tamaño de la muestra	Tamaño de la muestra	Nivel de calidad aceptable (NCA), en porcentaje de elementos no conformes y no conformidades por 100 unidades (inspección reducida)																											
		0,010	0,015	0,025	0,040	0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1 000		
		Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	
A	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
B	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
C	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
D	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
E	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
F	8	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
G	13	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
H	20	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
J	32	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
K	50	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
L	80	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
M	125	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
N	200	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
P	315	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
Q	500	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
R	800	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		

- ↓ = Utilizar el primer plan de muestreo bajo la flecha. Si el tamaño de la muestra es igual o excede el tamaño del lote, efectuar el 100% de la inspección
- ↑ = Utilizar el primer plan de muestreo por encima de la flecha
- Ac = Valor de aceptación
- Re = Valor de rechazo

Fuente: (AENOR: Asociación Española de Normalización y Certificación, 2001).

Anexo 8 Planes de muestreo doble en inspección reducida

Letra código tamaño de la muestra	Muestra	Tamaño de la muestra	Tamaño de la muestra acumulado	Nivel de calidad aceptable (NCA), en porcentaje de elementos no conformes y no conformidades por 100 unidades (inspección reducida)																												
				0,010	0,015	0,025	0,040	0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1 000			
				Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	
A																																
B																																
C																																
D	Primera Segunda	2 2	2 4															0 2 1 2	0 3 3 4	1 3 4 5	2 4 5 6	3 6 7 8	4 7 10 11	5 9 12 13	7 11 18 19	11 16 26 27						
E	Primera Segunda	3 3	3 6															0 2 1 2	0 3 3 4	1 3 4 5	2 4 5 6	3 6 7 8	4 7 10 11	5 9 12 13	7 11 18 19	11 16 26 27						
F	Primera Segunda	5 5	5 10															0 2 1 2	0 3 3 4	1 3 4 5	2 4 5 6	3 6 7 8	4 7 10 11	5 9 12 13								
G	Primera Segunda	8 8	8 16															0 2 1 2	0 3 3 4	1 3 4 5	2 4 5 6	3 6 7 8	4 7 10 11	5 9 12 13								
H	Primera Segunda	13 13	13 26															0 2 1 2	0 3 3 4	1 3 4 5	2 4 5 6	3 6 7 8	4 7 10 11	5 9 12 13								
J	Primera Segunda	20 20	20 40															0 2 1 2	0 3 3 4	1 3 4 5	2 4 5 6	3 6 7 8	4 7 10 11	5 9 12 13								
K	Primera Segunda	32 32	32 64															0 2 1 2	0 3 3 4	1 3 4 5	2 4 5 6	3 6 7 8	4 7 10 11	5 9 12 13								
L	Primera Segunda	50 50	50 100															0 2 1 2	0 3 3 4	1 3 4 5	2 4 5 6	3 6 7 8	4 7 10 11	5 9 12 13								
M	Primera Segunda	80 80	80 160															0 2 1 2	0 3 3 4	1 3 4 5	2 4 5 6	3 6 7 8	4 7 10 11	5 9 12 13								
N	Primera Segunda	125 125	125 250															0 2 1 2	0 3 3 4	1 3 4 5	2 4 5 6	3 6 7 8	4 7 10 11	5 9 12 13								
P	Primera Segunda	200 200	200 400															0 2 1 2	0 3 3 4	1 3 4 5	2 4 5 6	3 6 7 8	4 7 10 11	5 9 12 13								
Q	Primera Segunda	315 315	315 630															0 2 1 2	0 3 3 4	1 3 4 5	2 4 5 6	3 6 7 8	4 7 10 11	5 9 12 13								
R	Primera Segunda	500 500	500 1 000															0 2 1 2	0 3 3 4	1 3 4 5	2 4 5 6	3 6 7 8	4 7 10 11	5 9 12 13								

- ⬇ = Utilizar el primer plan de muestreo bajo la flecha. Si el tamaño de la muestra es igual o excede el tamaño del lote, efectuar el 100% de la inspección
- ⬆ = Utilizar el primer plan de muestreo por encima de la flecha
- Ac = Valor de aceptación
- Re = Valor de rechazo
- * = Utilizar el plan de muestreo simple correspondiente (o, como alternativa, utilizar el plan de muestreo doble situado debajo, cuando esté disponible)

Fuente: (AENOR: Asociación Española de Normalización y Certificación, 2001).

Anexo 9 Planes de muestreo múltiple en inspección normal

Letra código tamaño de la muestra	Muestra	Tamaño de la muestra	Tamaño de la muestra acumulado	Nivel de calidad aceptable (NCA), en porcentaje de elementos no conformes y no conformidades por 100 unidades (inspección normal)																											
				0,010	0,015	0,025	0,040	0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1 000		
				Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re
A				↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
B				↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
C				↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
D	Primera	2	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
	Segunda	2	4	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
	Tercera	2	6	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
	Cuarta	2	8	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
	Quinta	2	10	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
E	Primera	3	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
	Segunda	3	6	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
	Tercera	3	9	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
	Cuarta	3	12	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
	Quinta	3	15	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
F	Primera	5	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
	Segunda	5	10	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
	Tercera	5	15	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
	Cuarta	5	20	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
	Quinta	5	25	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
G	Primera	8	8	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
	Segunda	8	16	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
	Tercera	8	24	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
	Cuarta	8	32	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
	Quinta	8	40	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			

- ↓ = Utilizar el primer plan de muestreo bajo la flecha. Si el tamaño de la muestra es igual o excede el tamaño del lote, efectuar el 100% de la inspección
- ↑ = Utilizar el primer plan de muestreo por encima de la flecha
- Ac = Valor de aceptación
- Re = Valor de rechazo
- * = Utilizar el plan de muestreo simple correspondiente (o, como alternativa, utilizar el plan de muestreo doble situado debajo, cuando esté disponible)
- ++ = Utilizar el plan de muestreo doble correspondiente (o, como alternativa, utilizar el plan de muestreo doble situado debajo, cuando esté disponible)
- # = La aceptación no está permitida para este tamaño de muestra

Fuente: (AENOR: Asociación Española de Normalización y Certificación, 2001).

Anexo 10 Planes de muestreo múltiple en inspección normal (Continuación)

Letra código tamaño de la muestra	Muestra	Tamaño de la muestra	Tamaño de la muestra acumulado	Nivel de calidad aceptable (NCA), en porcentaje de elementos no conformes y no conformidades por 100 unidades (inspección normal)																											
				0,010	0,015	0,025	0,040	0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1 000		
				Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re
H	Primera	13	13																												
	Segunda	13	26																												
	Tercera	13	39																												
	Cuarta	13	52																												
	Quinta	13	65																												
J	Primera	20	20																												
	Segunda	20	40																												
	Tercera	20	60																												
	Cuarta	20	80																												
	Quinta	20	100																												
K	Primera	32	32																												
	Segunda	32	64																												
	Tercera	32	96																												
	Cuarta	32	128																												
	Quinta	32	160																												
L	Primera	50	50																												
	Segunda	50	100																												
	Tercera	50	150																												
	Cuarta	50	200																												
	Quinta	50	250																												
M	Primera	80	80																												
	Segunda	80	160																												
	Tercera	80	240																												
	Cuarta	80	320																												
	Quinta	80	400																												

⇓ = Utilizar el primer plan de muestreo bajo la flecha. Si el tamaño de la muestra es igual o excede el tamaño del lote, efectuar el 100% de la inspección

⇑ = Utilizar el primer plan de muestreo por encima de la flecha

Ac = Valor de aceptación

Re = Valor de rechazo

* = Utilizar el plan de muestreo simple correspondiente (o, como alternativa, utilizar el plan de muestreo doble situado debajo, cuando esté disponible)

++ = Utilizar el plan de muestreo doble correspondiente (o, como alternativa, utilizar el plan de muestreo doble situado debajo, cuando esté disponible)

= La aceptación no está permitida para este tamaño de muestra

Fuente: (AENOR: Asociación Española de Normalización y Certificación, 2001).

Anexo 12 Planes de muestreo múltiple en inspección rigurosa

Letra código tamaño de la muestra	Muestra	Tamaño de la muestra	Tamaño de la muestra acumulado	Nivel de calidad aceptable (NCA), en porcentaje de elementos no conformes y no conformidades por 100 unidades (inspección rigurosa)																											
				0,010	0,015	0,025	0,040	0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1 000		
				Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re
A				↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
B				↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
C				↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
D	Primera	2	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
	Segunda	2	4	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
	Tercera	2	6	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
	Cuarta	2	8	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
	Quinta	2	10	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
E	Primera	3	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
	Segunda	3	6	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
	Tercera	3	9	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
	Cuarta	3	12	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
	Quinta	3	15	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
F	Primera	5	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
	Segunda	5	10	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
	Tercera	5	15	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
	Cuarta	5	20	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
	Quinta	5	25	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
G	Primera	8	8	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
	Segunda	8	16	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
	Tercera	8	24	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
	Cuarta	8	32	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
	Quinta	8	40	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			

- ↓ = Utilizar el primer plan de muestreo bajo la flecha. Si el tamaño de la muestra es igual o excede el tamaño del lote, efectuar el 100% de la inspección
- ↑ = Utilizar el primer plan de muestreo por encima de la flecha
- Ac = Valor de aceptación
- Re = Valor de rechazo
- * = Utilizar el plan de muestreo simple correspondiente (o, como alternativa, utilizar el plan de muestreo doble situado debajo, cuando esté disponible)
- ++ = Utilizar el plan de muestreo doble correspondiente (o, como alternativa, utilizar el plan de muestreo doble situado debajo, cuando esté disponible)
- # = La aceptación no está permitida para este tamaño de muestra

Fuente: (AENOR: Asociación Española de Normalización y Certificación, 2001).

Anexo 15 Planes de muestreo múltiple en inspección reducida

Letra código tamaño de la muestra	Muestra	Tamaño de la muestra	Tamaño de la muestra acumulado	Nivel de calidad aceptable (NCA), en porcentaje de elementos no conformes y no conformidades por 100 unidades (inspección reducida)																											
				0,010	0,015	0,025	0,040	0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1 000		
				Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re
A				↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
B				↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
C				↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
D				↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
E				↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
F	Primera	2	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
	Segunda	2	4	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
	Tercera	2	6	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
	Cuarta	2	8	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
	Quinta	2	10	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
G	Primera	3	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
	Segunda	3	6	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
	Tercera	3	9	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
	Cuarta	3	12	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
	Quinta	3	15	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
H	Primera	5	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
	Segunda	5	10	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
	Tercera	5	15	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
	Cuarta	5	20	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			
	Quinta	5	25	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓			

- ↓ = Utilizar el primer plan de muestreo bajo la flecha. Si el tamaño de la muestra es igual o excede el tamaño del lote, efectuar el 100% de la inspección
- ↑ = Utilizar el primer plan de muestreo por encima de la flecha
- Ac = Valor de aceptación
- Re = Valor de rechazo
- * = Utilizar el plan de muestreo simple correspondiente (o, como alternativa, utilizar el plan de muestreo doble situado debajo, cuando esté disponible)
- ++ = Utilizar el plan de muestreo doble correspondiente (o, como alternativa, utilizar el plan de muestreo doble situado debajo, cuando esté disponible)
- # = La aceptación no está permitida para este tamaño de muestra

Fuente: (AENOR: Asociación Española de Normalización y Certificación, 2001).

Anexo 16 Planes de muestreo múltiple en inspección reducida (Continuación)

Letra código tamaño de la muestra	Muestra	Tamaño de la muestra	Tamaño de la muestra acumulado	Nivel de calidad aceptable (NCA), en porcentaje de elementos no conformes y no conformidades por 100 unidades (inspección reducida)																											
				0,010	0,015	0,025	0,040	0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1 000		
				Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re
J	Primera	8	8																												
	Segunda	8	16																												
	Tercera	8	24																												
	Cuarta	8	32																												
	Quinta	8	40																												
K	Primera	13	13																												
	Segunda	13	26																												
	Tercera	13	39																												
	Cuarta	13	52																												
	Quinta	13	65																												
L	Primera	20	20																												
	Segunda	20	40																												
	Tercera	20	60																												
	Cuarta	20	80																												
	Quinta	20	100																												
M	Primera	32	32																												
	Segunda	32	64																												
	Tercera	32	96																												
	Cuarta	32	128																												
	Quinta	32	160																												

⬇ = Utilizar el primer plan de muestreo bajo la flecha. Si el tamaño de la muestra es igual o excede el tamaño del lote, efectuar el 100% de la inspección

⬆ = Utilizar el primer plan de muestreo por encima de la flecha

Ac = Valor de aceptación

Re = Valor de rechazo

* = Utilizar el plan de muestreo simple correspondiente (o, como alternativa, utilizar el plan de muestreo doble situado debajo, cuando esté disponible)

++ = Utilizar el plan de muestreo doble correspondiente (o, como alternativa, utilizar el plan de muestreo doble situado debajo, cuando esté disponible)

= La aceptación no está permitida para este tamaño de muestra

Fuente: (AENOR: Asociación Española de Normalización y Certificación, 2001).

Anexo 17 Planes de muestreo múltiple en inspección reducida (Continuación)

Letra código tamaño de la muestra	Muestra	Tamaño de la muestra	Tamaño de la muestra acumulado	Nivel de calidad aceptable (NCA), en porcentaje de elementos no conformes y no conformidades por 100 unidades (inspección reducida)																											
				0,010	0,015	0,025	0,040	0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1 000		
				Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	
N	Primera	50	50				↑	↓	# 2	# 2	# 3	# 3	0 4	0 4	0 5	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑			
	Segunda	50	100	↓	↓		↑	↓	0 2	0 3	0 3	1 4	1 6	2 7	3 8	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑			
	Tercera	50	150		*		↑	↓	0 2	0 3	1 4	2 5	2 7	4 9	6 10	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑			
	Cuarta	50	200	↓	↓		↑	↓	0 2	1 3	2 5	3 5	4 8	6 11	9 12	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑			
	Quinta	50	250		↓		↑	↓	1 2	3 4	4 5	5 6	7 8	10 11	12 13	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑			
P	Primera	80	80			↑	↓	# 2	# 2	# 3	# 3	0 4	0 4	0 5	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑			
	Segunda	80	160	↓	↓		↑	↓	0 2	0 3	0 3	1 4	1 6	2 7	3 8	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑			
	Tercera	80	240		*		↑	↓	0 2	0 3	1 4	2 5	2 7	4 9	6 10	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑			
	Cuarta	80	320	↓	↓		↑	↓	0 2	1 3	2 5	3 5	4 8	6 11	9 12	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑			
	Quinta	80	400		↓		↑	↓	1 2	3 4	4 5	5 6	7 8	10 11	12 13	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑			
Q	Primera	125	125		↑		↓	# 2	# 2	# 3	# 3	0 4	0 4	0 5	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑			
	Segunda	125	250	↓	↓		↑	↓	0 2	0 3	0 3	1 4	1 6	2 7	3 8	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑			
	Tercera	125	375		*		↑	↓	0 2	0 3	1 4	2 5	2 7	4 9	6 10	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑			
	Cuarta	125	500	↓	↓		↑	↓	0 2	1 3	2 5	3 5	4 8	6 11	9 12	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑			
	Quinta	125	625		↓		↑	↓	1 2	3 4	4 5	5 6	7 8	10 11	12 13	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑			
R	Primera	200	200	↑	↓		↓	# 2	# 2	# 3	# 3	0 4	0 4	0 5	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑			
	Segunda	200	400		↓		↓	0 2	0 3	0 3	1 4	1 6	2 7	3 8	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑			
	Tercera	200	600		↓		↓	0 2	0 3	1 4	2 5	2 7	4 9	6 10	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑			
	Cuarta	200	800	↓	↓		↓	0 2	1 3	2 5	3 5	4 8	6 11	9 12	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑			
	Quinta	200	1 000		↓		↓	1 2	3 4	4 5	5 6	7 8	10 11	12 13	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑			

↓ = Utilizar el primer plan de muestreo bajo la flecha. Si el tamaño de la muestra es igual o excede el tamaño del lote, efectuar el 100% de la inspección

↑ = Utilizar el primer plan de muestreo por encima de la flecha

Ac = Valor de aceptación

Re = Valor de rechazo

* = Utilizar el plan de muestreo simple correspondiente (o, como alternativa, utilizar el plan de muestreo doble situado debajo, cuando esté disponible)

++ = Utilizar el plan de muestreo doble correspondiente (o, como alternativa, utilizar el plan de muestreo doble situado debajo, cuando esté disponible)

= La aceptación no está permitida para este tamaño de muestra

Fuente: (AENOR: Asociación Española de Normalización y Certificación, 2001).

Anexo 19 Riesgo del proveedor en inspección rigurosa

Letra código tamaño de la muestra	Tamaño de la muestra	Nivel de calidad aceptable (NCA), en porcentaje de elementos no conformes y no conformidades por 100 unidades (inspección rigurosa)																									
		0,010	0,015	0,025	0,040	0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1 000
A	2																18,1	13,7*	21,0*	19,1	14,3	14,3	8,39	6,81	6,38	6,98	5,25
B	3															17,7	13,7*	17,9*	17,3	12,1	13,4	8,39	4,03	4,27	3,74	4,09	2,21
C	5														18,1	15,5*	17,3	13,2	14,3	11,1	6,81	4,27	5,19	5,25	6,16		
D	8													18,1	15,1*	12,1	14,3	10,5	8,19	6,38	3,74	5,25	5,12				
E	13											17,7	15,5*	17,8	15,6*	13,4	13,4	11,1	8,19	6,98	4,09	6,16					
F	20										18,1	13,7*	21,0*	19,1	14,3	13,3	8,39	6,81	6,38	6,98							
G	32									18,8	15,1*	19,7*	19,1	13,8	15,8	10,5	5,58	6,38	6,22								
H	50								18,1	15,5*	21,0*	17,3	13,2	14,3	11,1	6,81	4,27	5,19									
J	80							18,1	15,1*	22,2*	19,1	12,1	14,3	10,5	8,19	6,38	3,74										
K	125						17,1	14,6*	21,0*	19,6	13,2	12,1	9,70	6,81	7,00	5,19											
L	200					18,1	13,7*	21,0*	19,1	14,3	14,3	8,39	6,81	6,38	6,98												
M	315				18,5	14,8*	19,3*	18,7	13,4	15,2	9,98	5,16	5,80	5,52													
N	500			18,1	15,5*	21,0*	17,3	13,2	14,3	11,1	6,81	4,27	5,19														
P	800		18,1	15,1*	22,2*	19,1	12,1	14,3	10,5	8,19	6,38	3,74															
Q	1 250		17,1	14,6*	21,0*	19,6	13,2	12,1	9,70	6,81	7,00	5,19															
R	2 000	18,1	13,7*	21,0*	19,1	14,3	14,3	8,39	6,81	6,38	6,98																
S	3 150	18,1	13,7*	21,0*	19,1	14,3	14,3	8,38	6,78	6,34	6,92																

NOTAS

- 1 El riesgo del fabricante corresponde a la probabilidad de no aceptación de lotes de NCA especificado
- 2 Las entradas superiores corresponden a inspección de no conformidades por 100 unidades basadas en la distribución de Poisson
Las entradas inferiores corresponden a inspección de porcentaje no conforme y están basadas en la distribución binomial
- 3 El símbolo * indica un valor calculado en el caso de un plan de muestreo opcional con número de aceptación fraccionario (véase la tabla 11-C)

Fuente: (AENOR: Asociación Española de Normalización y Certificación, 2001).

Anexo 20 Riesgo del proveedor en inspección reducida

Letra código tamaño de la muestra	Tamaño de la muestra	Nivel de calidad aceptable (NCA), en porcentaje de elementos no conformes y no conformidades por 100 unidades (inspección reducida)																											
		0,010	0,015	0,025	0,040	0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1 000		
A	2															12,2	7,15*	9,45*	9,02	4,74	4,31	1,66	1,19	1,37	1,73	1,41	1,35		
B	2														7,69	5,40*	7,15*	9,45*	9,02	4,74	4,31	1,66	1,19	1,37	1,73	1,41	1,35		
C	2													4,88	2,33*	3,39*	4,72*	3,69	1,44	0,908	1,07	0,453	0,380	1,37	1,73	1,41			
D	3												4,40	2,07*	2,94*	4,51*	3,69	1,09	0,729	0,775	0,396	0,38	0,667	1,03	0,607				
E	5										4,88	2,07*	3,16*	4,72*	4,27	1,44	0,729	0,912	0,453	0,629	1,37	1,03	0,940						
F	8									5,07	2,33*	2,94*	4,72*	4,15	1,59	0,908	0,775	0,453	0,571	1,77									
G	13									5,07	2,56*	3,39*	4,51*	4,27	1,59	1,09	1,07	0,396	0,629	1,77									
H	20							4,88	2,33*	3,39*	4,72*	3,69	1,44	0,908	1,07	0,453	0,380	1,37											
J	32						4,69	2,33*	3,30*	5,06*	4,15	1,29	0,908	1,00	0,558	0,571	1,04												
K	50					4,88	2,07*	3,16*	4,72*	4,27	1,44	0,729	0,912	0,453	0,629	1,37													
L	80				5,07	2,33*	2,94*	4,72*	4,15	1,59	0,908	0,775	0,453	0,571	1,77														
M	125				4,88	2,39*	3,16*	4,21*	3,98	1,44	0,957	0,912	0,321	0,493	1,37														
N	200			4,88	2,33*	3,39*	4,72*	3,69	1,44	0,908	1,07	0,453	0,380	1,37															
P	315		4,62	2,26*	3,20*	4,92*	4,03	1,24	0,861	0,942	0,513	0,518	0,936																
Q	500	4,88	2,07*	3,16*	4,72*	4,27	1,44	0,729	0,912	0,453	0,629	1,37																	
R	800	2,33*	2,94*	4,72*	4,15	1,59	0,908	0,775	0,453	0,571	1,77																		

NOTAS

- 1 El riesgo del fabricante corresponde a la probabilidad de no aceptación de lotes de NCA especificado
- 2 Las entradas superiores corresponden a inspección de no conformidades por 100 unidades basadas en la distribución de Poisson
Las entradas inferiores corresponden a inspección de porcentaje no conforme y están basadas en la distribución binomial
- 3 El símbolo * indica un valor calculado en el caso de un plan de muestreo opcional con número de aceptación fraccionario (véase la tabla 11-C)

Fuente: (AENOR: Asociación Española de Normalización y Certificación, 2001).

Anexo 21 Riesgo de calidad del consumidor en inspección normal

Letra código tamaño de la muestra	Tamaño de la muestra	Nivel de calidad aceptable (NCA), porcentaje de elementos no conformes																
		0,010	0,015	0,025	0,040	0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10	
A	2															68,4	69,0*	
B	3															53,6	54,1*	57,6*
C	5													36,9	37,3*	39,8*	58,4	
D	8												25,0	25,2*	27,0*	40,6	53,8	
E	13											16,2	16,4*	17,5*	26,8	36,0	44,4	
F	20										10,9	11,0*	11,8*	18,1	24,5	30,4	41,5	
G	32									6,94	7,01*	7,50*	11,6	15,8	19,7	27,1	34,0	
H	50								4,50	4,54*	4,87*	7,56	10,3	12,9	17,8	22,4	29,1	
J	80							2,84	2,86*	3,07*	4,78	6,52	8,16	11,3	14,3	18,6	24,2	
K	125						1,83	1,84*	1,97*	3,08	4,20	5,27	7,29	9,24	12,1	15,7	21,9	
L	200					1,14	1,16*	1,24*	1,93	2,64	3,31	4,59	5,82	7,60	9,91	13,8		
M	315				0,728	0,735*	0,788*	1,23	1,68	2,11	2,92	3,71	4,85	6,33	8,84			
N	500			0,459	0,464*	0,497*	0,776	1,06	1,33	1,85	2,34	3,06	4,00	5,60				
P	800		0,287	0,290*	0,311*	0,485	0,664	0,833	1,16	1,47	1,92	2,51	3,51					
Q	1 250	0,184	0,186*	0,199*	0,311	0,425	0,534	0,741	0,940	1,23	1,61	2,25						
R	2 000	0,116*	0,124*	0,194	0,266	0,334	0,463	0,588	0,769	1,00	1,41							

NOTAS

- 1 En el riesgo de calidad del consumidor, 10% de los lotes se espera sean aceptados
- 2 Todos los valores están basados en la distribución binomial
- 3 El símbolo * indica un valor calculado en el caso de un plan de muestreo opcional con número de aceptación fraccionario (véase la tabla 11-A)

Fuente: (AENOR: Asociación Española de Normalización y Certificación, 2001).

Anexo 22 Riesgo de calidad del consumidor en inspección rigurosa

Letra código tamaño de la muestra	Tamaño de la muestra	Nivel de calidad aceptable (NCA), porcentaje de elementos no conformes															
		0,010	0,015	0,025	0,040	0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10
A	2																68,4
B	3																53,6
C	5															36,9	37,3*
D	8																25,0
E	13																25,2*
F	20																27,0*
G	32																40,6
H	50																16,2
J	80																16,4*
K	125																17,5*
L	200																26,8
M	315																36,0
N	500																10,9
P	800																11,0*
Q	1 250																11,8*
R	2 000																18,1
S	3 150																24,5
																	30,4
																	6,94
																	7,01*
																	7,50*
																	11,6
																	15,8
																	19,7
																	27,1
																	24,7
																	21,4
																	1,83
																	1,84*
																	1,97*
																	3,08
																	4,20
																	5,27
																	7,29
																	10,2
																	13,9
																	19,3
																	1,14
																	1,16*
																	1,24*
																	1,93
																	2,64
																	3,31
																	4,59
																	6,42
																	8,76
																	12,2
																	0,728
																	0,735*
																	0,788*
																	1,23
																	1,68
																	2,11
																	2,92
																	4,09
																	5,59
																	7,77
																	0,459
																	0,464*
																	0,497*
																	0,776
																	1,06
																	1,33
																	1,85
																	2,59
																	3,54
																	4,92
																	0,287
																	0,290*
																	0,311*
																	0,485
																	0,664
																	0,833
																	1,16
																	1,62
																	2,21
																	3,08
																	0,184
																	0,186*
																	0,199*
																	0,311
																	0,425
																	0,534
																	0,741
																	1,04
																	1,42
																	1,98
																	0,115
																	0,116*
																	0,124*
																	0,194
																	0,266
																	0,334
																	0,463
																	0,649
																	0,888
																	1,24

NOTAS

- 1 En el riesgo de calidad del consumidor, 10% de los lotes se espera sean aceptados
- 2 Todos los valores están basados en la distribución binomial
- 3 El símbolo * indica un valor calculado en el caso de un plan de muestreo opcional con número de aceptación fraccionario (véase la tabla 11-B)

Fuente: (AENOR: Asociación Española de Normalización y Certificación, 2001).

