

# 3D-QC

Calibres Industriales Personalizados

**Autor Nicolás Viollier**

Profesor guía Hugo Palmarola

Tesis presentada a la Escuela de Diseño de la Pontificia  
Universidad Católica de Chile para optar al  
título profesional de Diseñador.

*Julio, 2016 | Santiago, Chile*



Facultad de Arquitectura,  
Diseño y Estudios Urbanos  
Escuela de Diseño

**DISEÑO | UC**  
Pontificia Universidad Católica de Chile  
Escuela de Diseño





Facultad de Arquitectura,  
Diseño y Estudios Urbanos  
Escuela de Diseño

**DISEÑO | UC**  
Pontificia Universidad Católica de Chile  
Escuela de Diseño

## **Instrumentos de medición personalizados para la industria manufacturera**

**Autor Nicolás Viollier**

Profesor guía Hugo Palmarola

Tesis presentada a la Escuela de Diseño de la Pontificia  
Universidad Católica de Chile para optar al  
título profesional de Diseñador.

*Julio, 2016 | Santiago, Chile*





Me gustaría agradecer a mis padres por el constante apoyo y entusiasmo entregado para estudiar esta gran e intensa carrera.

A mis hermanas por darme la alegría diaria, vital para las ideas y el desarrollo de estas.

A la Caro por sus reiteradas correcciones, dedicación y subidas de ánimo, muy significativas para llevar a cabo cada fase de este gran proyecto.

A Vinilit y Cesmec por abrirme las puertas de manera privilegiada de sus industrias, ayudándome a recopilar información importantísima para mi investigación.

También, a todo el resto cercano: profesores, amigos y familiares que siempre estuvieron ahí, atentos a mi proyecto y brindándome cualquier tipo de ayuda.

Muchas gracias.



# Índice

Motivación personal 9

Introducción 11

## 1. Historia de la metrología

¿Qué es la metrología? 15

Historia de la metrología 16

Fundación del BIPM 18

## 2. Control de calidad industrial

Rol del control de calidad 23

Etapas básicas 25

Calidad 27

## 3. Medición industrial

Importancia de la medición en la industria 33

Conceptos y principios de la medición industrial 34

Inspección 36

## 4. Calibres

Bloques calibradores de precisión 44

Calibradores fijos 46

## 5. Situación industrial en Chile en torno a los calibres

Situación nacional 55

Tabla comparativa de industrias 61

## 6. La impresión 3D

La impresión 3D 66

El panorama actual de las máquinas en el país 67

Innovaciones chilenas en impresión 3D 69

## 7. Formulación

Problemática 73

Formulación de proyecto 74

Objetivos 75

Usuario final 77

Antecedentes 78

Referentes 80

## 8. Desarrollo del proyecto

Mercado 85

Competencia 92

Método de fabricación 95

Testeo 107

Diseño de información 119

## 9. Producto final

Servicio 127

Producto 133

Imagen de marca 146

Página web 149

## 10. Financiamiento y proyecciones

Financiamiento inicial 153

Equipo 156

Sistema de costos e ingresos 157

Business Canvas 160

Conclusiones 163

## 11. Bibliografía 166

Anexos 169



# Motivación Personal



Fabrica de Novoplast en Quilicura. Fuente: [www.novoplast.cl](http://www.novoplast.cl)

En marzo del 2011 decidí ponerme a trabajar en algún lugar que me brindara experiencia tanto para la universidad y como para un futuro mundo laboral. Es por eso que entré a una fábrica de tuberías de PVC en Quilicura, llamada Novoplast. Mi cargo fue operario de control de calidad, en el que tenía que estar revisando una vez por hora las diez líneas de producción de la planta, revisando una muestra de cada tubo por línea, verificando su longitud, su peso y el estado del extremo conector. Luego debía anotar todas estas cifras en una planilla, la que una vez terminada mi jornada laboral transcribía a un computador, se enviaba a los gerentes de la fábrica, los cuales me respondían con sus observaciones y se publicaban todas las tardes en el pizarrón general para que los encargados de cada línea lo vieran.

En un principio, yo pensaba que este iba a ser un cargo fácil, donde en unos 10 minutos ya iba tener todas las líneas controladas. Sin embargo, esto no fue así, ya que cada medición tenía trabas debido a que no se utilizaban instrumentos especialmente diseñados para esa ocasión, sino que se ocupaban herramientas estándares. Por ejemplo, al medir un tubo con una huincha, este muchas veces se doblaba o no se enganchaba bien en un extremo y muchos se fraccionaban al recogerlo. También, cuando tenía que pesar los tubos no era fácil, ya que eran muy largos y pesados, por lo que llevarlos a la pesa y mantenerlos quietos para que muestren la masa correcta no era algo rápido.

Por otra parte, mi cargo incluía estar en contacto con los maquinistas de las líneas de producción, solicitándoles que cuando alguna tubería estuviera con los pesos muy altos o bajos, o tuviera una longitud muy baja o alta, esta debería ser calibrada hasta llegar a tener un peso o medida dentro de los estándares que me entregaban. Esto muchas veces producía grandes problemas, gasto de tiempo y pérdida de material, ya que el sistema de calibración de la máquina era muy al ojo. Por ejemplo, existían veces que los tubos empezaban a salir con agujeros, burbujas o arrugados debido a que se les había bajado mucho el peso.





# Introducción

Trabajar en Novoplast me generó ciertas inquietudes, las que se fueron ampliando en el momento de entrar a la Escuela de Diseño y aprender distintos métodos de innovación:

**¿De qué manera podría facilitarse y hacer más personalizado el sistema de control de calidad para cada industria?**

**¿Cómo se podrían hacer instrumentos de medición específicos para cada producción?**

**¿Cómo se podría realizar un sistema de calibración más controlado?**

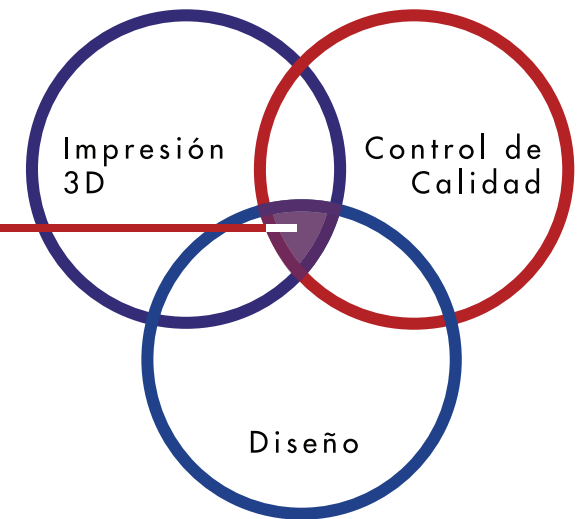
Al llegar el primer semestre del 2015 decidí tomar el Taller de emprendimiento de Denise Montt y Gabriel Gurovich. En él investigué sobre la impresión 3D, buscando algún mercado objetivo en que fuese de gran utilidad este sistema de fabricación digital, de una manera funcional y no de prototipado como se está usando actualmente en casi todos los casos.

Fue ahí donde puede entrar nuevamente al mundo de la industria, encontrando que la solución a mis inquietudes planteadas anteriormente, las que me habían surgido en mi primer año de carrera, podrían ser solucionadas a través de la impresión 3D.

Esto llevó a una larga investigación con miras más en el emprendimiento. Durante el taller descubrí que sí había una oportunidad de negocio, pero que necesitaba saber más sobre la teoría del control de calidad industrial.

En consecuencia, decidí seguir trabajando en este tema durante mi seminario de título, como un desafío de ahondar más en la oportunidad encontrada y así perfeccionarla para llegar a un mejor fin.

**Instrumentos de medición personalizados para la industria**





# 1 Historia de la Metrología

“¿Cómo se puede gobernar un país que tiene 246 variedades de quesos?” De Gaulle en Francia refiriéndose a la cantidad de unidades de pesos y medidas que tenía su país antes de la Revolución Francesa (Andrew, 2007, p. 27).





# 1.1 ¿Qué es Metrología?

Es la ciencia que se dedica al estudio de las mediciones, abarcando todos los aspectos relacionados con las medidas, ya sean prácticos o teóricos. Puede involucrarse en todos los campos donde exista la necesidad de tomar decisiones basadas en las características o propiedades de lo medido (Lira, 1997).

*Calibre Bridge Cam de QA/QC. Fotografía propia para el proyecto.*



## 1.2 Historia de la Metrología

La necesidad del ser humano por conocer el mundo que lo rodea y de influir sobre él mismo lo ha llevado a desarrollar una constante actividad de invención y perfeccionamiento de aparatos de medición. En épocas de antaño no era muy necesario que estos elementos fueran tan exactos, ni tampoco había una medida estándar. Cada pueblo determinaba qué medida era y qué significaba, por lo que a la hora de buscar una solución al problema, las costumbres y los nacionalismos provocaron grandes trabas para la elección y adopción de un sistema único de medida (Lira, 1997).

Debido a que en la antigüedad las medidas se utilizaban para actividades cotidianas como el comercio, la religión, la agricultura, los impuestos, etc., y para las que sólo se necesitaban las unidades de masa y longitud, con sus derivados de superficie y volumen -lo que perdura hasta hoy en día con los sistemas de pesos y medidas- las maneras de medir longitudinalmente surgieron de manera natural, ya que existía una necesidad (Lira, 1997).

Estas las elaboraban con lo que tenían más cercano, las extremidades del cuerpo, codo, palma, pulgada, etc. Sin embargo, debido a que estas unidades dependían del porte de cada persona fue necesario construir patrones que permitieran comparaciones objetivas. Por ejemplo, la regla graduada del año 2130 A.C. que se conserva en el Museo del Louvre, la cual es quizás el patrón más antiguo de longitud del que se tiene registro. Otro ejemplo es la vara de codo de Egipto (52,3 cm), la cual se subdividía con las anchuras de los dedos (Andrew, 2007).



Vara de codo de Egipto. Fuente: [www.egiptologia.org](http://www.egiptologia.org)

Pero después el planeta se fue globalizando, produciendo extensiones comerciales y generando mayores necesidades en procesos de fabricación. Los avances de la técnica y ciencia experimental hicieron necesario la idea de armonizar todas las unidades, diseñando herramientas que permitan explorar los más rebuscados aspectos de la naturaleza, con exactitud y capacidad de comunicarlo al exterior (Andrew, 2007).

En consecuencia, en la Edad Media se trató de unificar las unidades de medida de las distintas civilizaciones, como las griegas con las romanas, nórdicas, árabes y las de otros pueblos, pero sólo se generó un gran desorden. Lo que sucedía era que había mucha variedad de unidades y monedas en un territorio muy pequeño, lo que producía una imposibilidad de conexión y venta con pueblos vecinos (Lira, 1997).

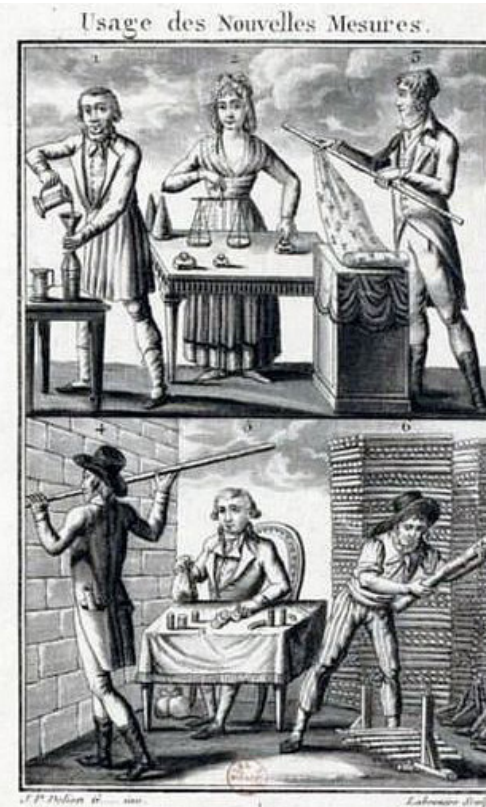
**“Nada más significativo, simple y coherente ha salido de las manos del hombre”** Químico francés Antoine Lavoisier luego de haberse realizado los patrones de metro y kilogramo (Lira, 1997, p. 24).

Después, en Francia en la época de la Revolución Francesa, se estimaba que existían unos 800 nombres para medir. Había tanta variedad de unidades que para un mismo producto había tres unidades monetarias distintas, una para la Iglesia, otra para el mercado y otra para el señor feudal (Andrew, 2007).

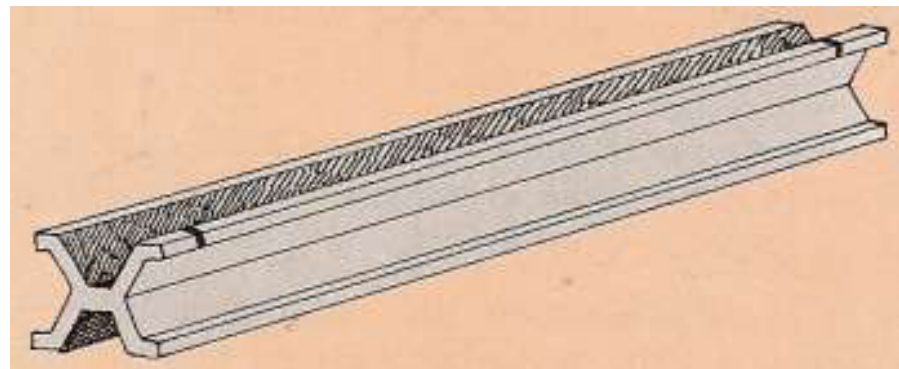
“Un Dios, un Rey, una ley, un peso y una medida” Esta fue la petición que el pueblo le hizo a Luis XVI (Andrew, 2007, p. 27)

Sin embargo, en 1791 se realizó el hito más importante para las unidades y para la Revolución Francesa. La Academia de Ciencias de Francia, con respaldo de Napoleón Bonaparte, acordó definir el metro como la diez millonésima parte del cuadrante del meridiano terrestre, dando origen al sistema métrico decimal y el kilogramo como la masa de un decímetro cúbico de agua a la temperatura de 4 grados Celsius (Lira, 1997). Desde esta época se crearon las medidas que se utilizan actualmente en el Sistema Internacional de Unidades (SI) (Andrew, 2007).

Para concretar físicamente estos nuevos sistemas de medidas se crearon en 1799 unos patrones estándares de material metálico, en una aleación entre platino e iridio. Se midió con exactitud el arco del meridiano entre Dunkerque y Barcelona, y la masa de una cierta cantidad conocida de agua, quedando los resultados resguardados en los Archivos de la República de París (Lira, 1997).



Dibujo del uso correcto del litro, el gramo, el metro, el estero. Fuente: [www.architecturalwatercolors.blogspot.cl/ttt](http://www.architecturalwatercolors.blogspot.cl/ttt)



Patrón del metro. Fuente: [www.historiaybiografias.com](http://www.historiaybiografias.com)

## 1.3 Fundación del BIPM



En el momento en que se decidió conformar un laboratorio o instituto internacional de unidades que establezca cuáles son los patrones reales con los que el mundo debe tomar referencia al hacer una medición o pesar algo, fue cuando en Europa se quiso trazar las fronteras entre cada país, teniendo grandes problemas por la discrepancias en los patrones de longitud de cada estado. Por ende, en 1875 el gobierno de Francia convocó a una conferencia diplomática internacional llamada “Convention du Mètre” logrando que 17 países firmaran para la fundación del Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) en la localidad de Sevères a las afueras de París (Lira, 1997).

De esta forma se creó el laboratorio internacional de unidades más importante del mundo y que perdura hasta hoy en día, siendo “la meca” de la metrología, conteniendo el metro patrón y el kilogramo patrón mundial, al que cualquier sistema de medición o de masa debe hacerse referencia (Lira, 1997).

En esos años era el BIPM el encargado de la fabricación de replicas del metro y del kilogramo para ser distribuidas entre los países firmantes. Pero ahora están encargados de la calibración de sistemas de medición o de patrones que utilizan laboratorios de certificación (García, comunicación personal, 1 junio de 2015). “Todas las magnitudes como la masa, la presión o la densidad pueden expresarse como el producto de un número y una unidad, siendo esta última una base de referencia arbitraria” (Lira, 1997, p. 25).

Esto generó que después, en 1960, se creara el Sistema Internacional de Unidades (SI), siendo el único que ha sido universalmente aceptado y que sigue en vigencia. Este contiene la definición de las siete magnitudes básicas de la mecánica (Lira, 1997).

Gracias a los acontecimientos relatados anteriormente, se entró a explorar el mundo de la ciencia y la tecnología de una manera explosiva en siglo XX, una época caracterizada por las revoluciones industriales, como la creación de termómetro de mercurio, discos compactos leídos por un láser y modernas máquinas de medición como el calibre de ultrasonido, el colisionador de protones y muchos más (Andrew, 2007).



Entrada y patio del BIPM. Fuente: [www.bipm.org](http://www.bipm.org)







## ② Control de Calidad Industrial

“Calidad significa hacer lo correcto cuando nadie está mirando”  
Henry Ford (Todos Somo Clientes, 2014).



## 2.1 Rol del Control de Calidad

Un requerimiento básico en la manufactura es que el producto y sus componentes cumplan con las especificaciones establecidas por el ingeniero de diseño. Las especificaciones de diseño incluyen las dimensiones, las tolerancias y los acabados de las superficies de las partes individuales que comprenden el producto. (Groover, 1997, p. 1006)



*Control de calidad de Cristal Chile con calibre para botella Pisco Mistral. Fotografía propia para el proyecto.*

El rol tradicional del control de calidad es básicamente eliminar de la producción en línea las partes que no están dentro de las especificaciones, para así inspeccionar y testear productos finales por defecto. La visión más antigua y tradicional está ligada a la parte operativa, inspeccionado el producto y sus componentes. La mentalidad más moderna del control de calidad abarca un abanico más amplio incluyendo el diseño robusto y el control estadístico de los procesos (Tanguchi, Elsayed, Hsiang, 1989).

Lo que ha magnificado la importancia del control de calidad actualmente es la incrementación en el énfasis por una alta calidad de los productos, pero por otro lado con un bajo costo de producción. En consecuencia, esto se ha agregado a cada parte del ciclo de vida de la producción amplificando el termino por el “on line quality control” (Tanguchi, 1989).

El sistema de control de calidad está introducido en todas las facetas del ciclo de vida del producto. Este parte en la planificación, cuando no hay nada por escrito, sólo la idea de hacer tal objeto. Luego se pasa al papel y los planos, donde se realiza el diseño. Finalmente se planea el proceso de producción, el control de fabricación en línea, el desarrollo de mercado, el packaging, el mantenimiento y el servicio (Tanguchi, 1989).

El diseño del producto puede muchas veces ser el factor primario de pérdidas importantes, ya que es donde se da la forma al objeto y los parámetros a seguir para el control de calidad, incluyendo tolerancias que resultan inadaptadas o producciones especiales que son innecesarias (Tanguchi, 1989).

Lo ideal es que se integren sistemas de control de calidad para todos los procesos, en donde todas las actividades interactúan para producir productos con una mínima desviación de los valores objetivos, que minimicen el costo de la calidad y que economicen el uso de personas y empresas externas (Tanguchi, 1989).

Existen distintos tipos de factores que producen errores en características funcionales o también llamadas por atributo, las que se conocen como desviación del valor objetivo. Estas se pueden dar de manera externa o interna. Por ejemplo, las variables del ambiente como temperatura y humedad son factores externos y son las más simples. En cambio, las variables internas son los procesos del producto, como la imperfección de piezas o matrices debido al roce, o imperfecciones dentro del proceso de manufactura como una variación en el sistema de la máquina (Tanguchi, 1989).

Tanguchi (1989) dijo que para que el producto esté diseñado con un sistema de control de calidad que tome en cuenta todos los factores externos e internos debe seguir los siguientes pasos:

**Diseño del sistema:** esta etapa es sobre el ciclo de vida del producto, incluyendo el diseño del producto que contiene el prototipaje inicial, los materiales, las partes, los componentes, el sistema de ensamblado, el proceso de manufactura, entre otros más. La calidad del producto afecta significativamente cuando se toman malas decisiones durante la creación del objeto.

**Diseño de parámetros:** son los elementos controlables para evitar que factores externos o internos produzcan problemas en las características esenciales del producto.

**Diseño de tolerancias:** es la especificación de la desviación de los parámetros del producto propio medido en relación con los niveles determinados para el diseño del producto, ya que en la manufactura nunca existe una medida precisa de diseño sino que tienen un rango de exactitud.



*Producción de Cristal Chile botellas Pisco Mistral.  
Fotografía propia para el proyecto.*



## 2.2 Etapas básicas

Siguiendo con lo anterior, el sistema de control de calidad se divide en dos funciones básicas:

### Control de Calidad fuera de la línea:

Está dentro de la etapa de diseño del producto y el diseño del proceso, en donde se crean los diseños de sistemas, de parámetros y de tolerancias explicados anteriormente.

### Control de calidad en línea

En esta etapa se integra el control dentro de la operación de productos y la relación con los clientes, en donde en el momento de producción es muy necesario realizar los siguientes procesos:

**Diagnóstico y ajuste del proceso:** se mide en forma periódica y se hacen ajuste para colocar los parámetros de la manera correcta.

**Predicción y corrección del proceso:** es parecido al diagnóstico, sólo que en este caso se busca pensar en desviaciones mayores que se pueden generar después en la producción y corregirlos a tiempo.

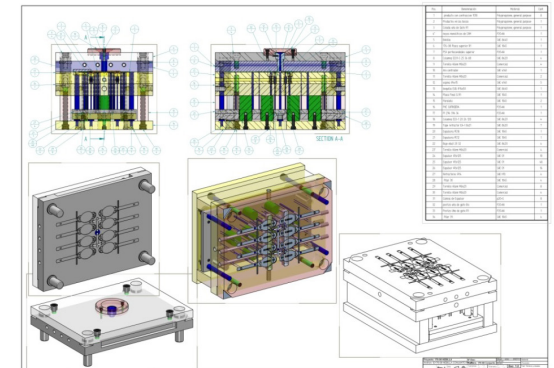
**Medición y acción del proceso:** es la inspección a todas las unidades para detectar deficiencias que tendrán que reprocesarse o rechazarse, ocurre cuando la producción ya está terminada. Pueden llegar a ser más problemáticas que las anteriores, ya que existen casos en donde el producto es rechazado y debe bostarse toda la producción.

Para terminar esta explicación sobre el control de calidad se va a tomar una referencia textual de Taguchi (1989) en su libro "Quality Engineering in production systems" sobre el control de calidad en línea:

*Es la actividad diaria para controlar las condiciones del proceso, ya sea mediante la observación de las características de calidad de los productos o los parámetros del proceso. Los métodos utilizados en este tipo de actividades son extensiones de metodologías de ingeniería llamado control de retroalimentación, control de alimentación hacia adelante y calibración(p. 8).*



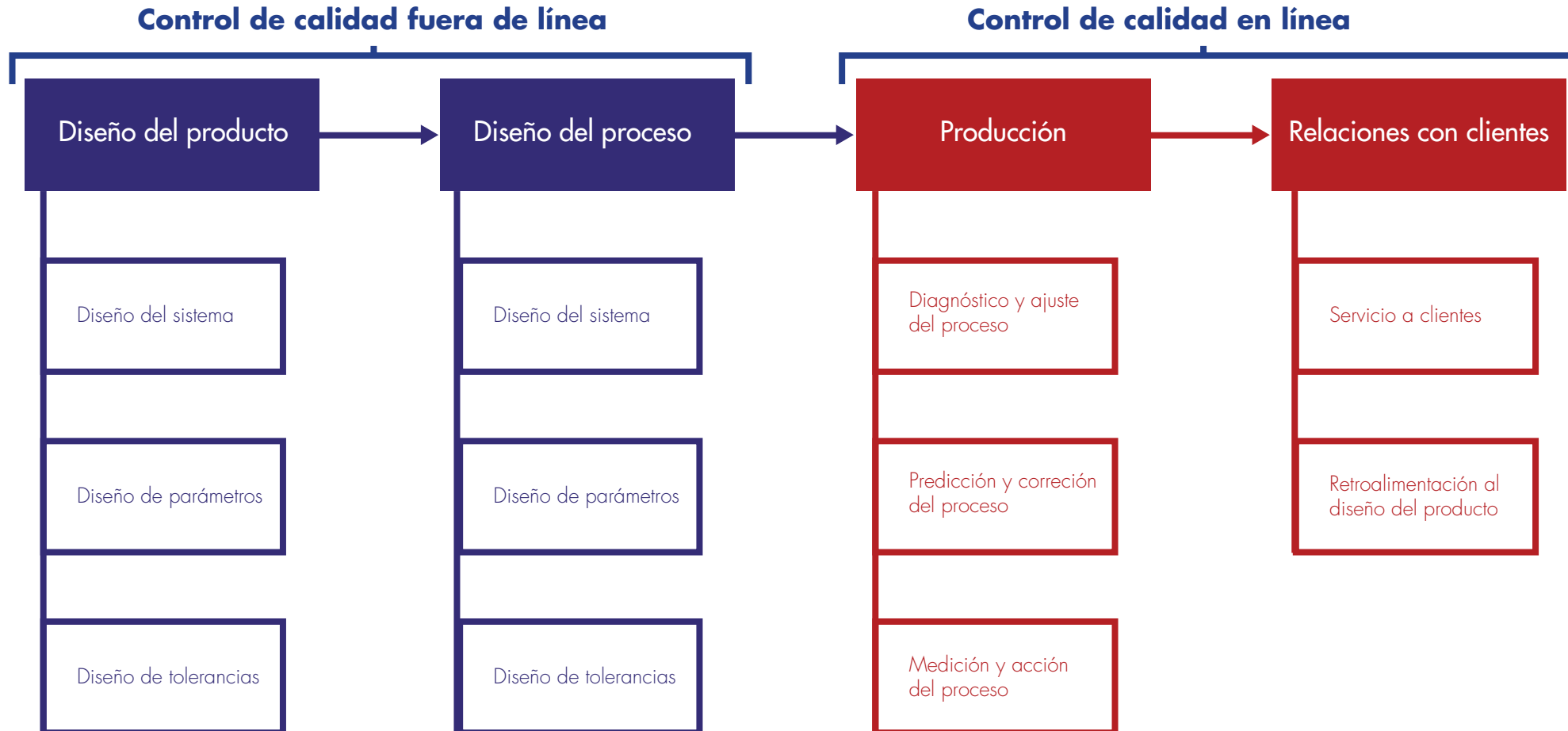
Control de calidad en línea planta Cristal Chile, Padre Hurtado.  
Fotografía propia para el proyecto.



Diseño de matriz. Fuente: profesional.mercadolibre.com.ar

# Diagrama de pasos

Diagrama que muestra los pasos del control de calidad en fuera de línea y en línea por Groover (1997, p. 1042):



## 2.3 Calidad

“La totalidad de características de un producto o servicio que comprenden su capacidad para satisfacer necesidades determinadas” es la definición que da la ASQC (American Society for Quality Control) .

*Un enfoque sistemático de calidad para el diseño de nuevos productos o servicios basados en una estrecha conciencia de los deseos de los clientes, junto con la integración de los grupos funcionales corporativos. Este es un conjunto de técnicas de planificación y de comunicación, donde se concentran y coordinan las capacidades de organización, con el fin de desarrollar productos que cumplen con las necesidades reales de los clientes (Susman, 1992, p. 30).*

Actualmente las empresas y/o industrias de todo el mundo están destinando grandes esfuerzos por mantener a un muy buen nivel dos objetivos. El primero es satisfacer de mejor manera las exigencias del destinatario y el segundo que los productos que produzcan tengan un costo beneficiario para la empresa, pero es difícil llegar a un punto medio perfecto, ya que entre menor es el costo de la producción más bajo es el resultado del producto o por el otro lado si mayor es



*Producción recién etiquetada, planta Cristal Chile, Padre Hurtado. Fotografía propia para el proyecto.*

la precisión del producto mayor es costo. Por lo tanto, hay que llegar a un punto medio (Tanguchi, 1989).

Las primeras manifestaciones efectivas de la importancia de la calidad fueron en la Segunda Guerra Mundial, gracias al masivo crecimiento de la industria militar, en donde los productos eran muestreados e inspeccionados en las etapas finales de producción para poder lanzar al mercado productos sin defectos y que cumplieran con las especificaciones (Tanguchi, 1989).

El país que partió con la idea de incorporar controles de calidad en todas las prácticas empresariales fue Japón. Esta consistía en revisar todo el ciclo del producto, desde su creación hasta el servicio al cliente. Debido a sus limitados recursos naturales en la época de postguerra, los japoneses se dieron cuenta de que la única manera de alcanzar un pleno desarrollo económico era abastecerse de las materias primas del mundo, pero para ello era necesaria una filosofía de calidad total en el proceso de manufactura. De esta manera apoyados por el gobierno este país oriental logró entrar fuertemente a los distintos mercados del mundo (Tanguchi, 1989).

## 2.3 Norma ISO



International  
Organization for  
Standardization



Lo anterior produjo una gran amenaza al resto de los países industrializados, por lo que la Unión Europea reaccionó creando un modelo de aseguramiento de la calidad nombrado como la familia de normas “ISO 9000”. Estos son un conjunto de documentos internacionales que proponen modelos para asegurar la provisión de productos o servicios de calidad consistente y uniforme. Estas normas complementan los requisitos particulares establecidos en las especificaciones de los productos o servicios (Lira, 1997).

Estas leyes entregan una reglamentación de cómo se debe producir un cierto producto estándar para asegurar su calidad y seguridad. Existen para todo tipo de objeto de uso cotidiano industrial (tuberías de PVC, pilar metálico, etc.) o de hogar (ampolleta, cable, enchufe, etc.). Por ejemplo, un botella de vino de vidrio mostraría entre muchas especificaciones el diámetro de la boca, la altura del cuello, el largo del producto, el grosor del material, el ángulo de las aristas, etc (García, comunicación personal, 1 junio de 2015).

Existen muchas definiciones de calidad. En algunos diccionarios se define como “el grado de excelencia que posee una cosa”, en otros como “la características que hacen a algo lo que es”. La Sociedad Estadounidense para el Control de Calidad (ASQC American Society for Quality Control) lo define como “la totalidad de características de un producto o servicio que comprenden su capacidad para satisfacer necesidades determinadas”. Pero la más apropiada es la tomada por la norma ISO9000 nombrándolo como “el conjunto de características de una entidad que le confieren aptitud para satisfacer necesidades específicas o implícitas”. Esta es la más adecuada según el escritor y metrologo Ignacio Lira Canguilhem (1997), quien sostiene que en ella hay dos términos importantes: entidad y necesidad.

El primero se refiere no sólo al producto material físico de un proceso productivo, sino que también a los programas computacionales, los materiales y los servicios, reconociendo todos estos como parte de un

control de calidad. El segundo se refiere al conjunto de especificaciones cuantificables o descriptivas de las características anheladas de la entidad.

En un producto manufacturado la calidad está envuelta en dos aspectos. Por un lado están las características del producto, las que incluyen los aspectos que vienen de parte del diseño y las cualidades funcionales y estéticas del artículo que buscan atraer y satisfacer al cliente. Por ejemplo, en una bicicleta sería su tamaño, la distribución del manubrio, la visualización del marco y otras cosas parecidas.

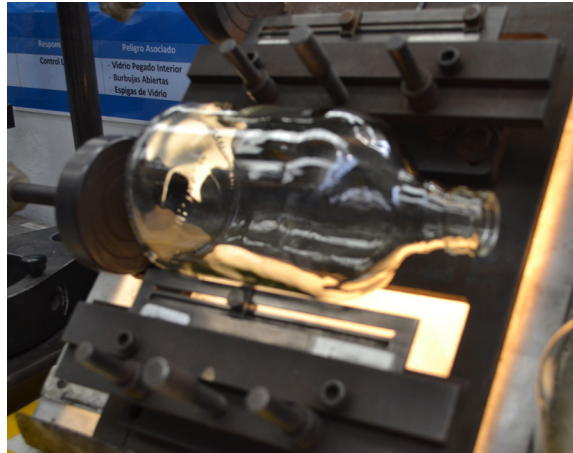
Por otro lado está la carencia de deficiencias, lo que quiere decir que el producto hace lo que tiene que hacer dentro de las limitaciones que tiene el diseño (no le vas pedir que vuele si no está creado para esa función) y que no tenga defectos y condiciones fuera de lo tolerable. Cuando está libre de deficiencias significa que está cercano o igual a las especificaciones de diseño.



*Inspección codo agua lluvia Vinilit. Fotografía propia para el proyecto.*

Pero siempre el objetivo de las industrias es minimizar el costo de los productos a lo más bajo posible dentro de los límites establecidos por su diseño, por lo que lo que hay que tener en cuenta y controlar es evitar defectos, las desviaciones de tolerancias y los errores dentro de la producción.

Cuando ocurren estas deficiencias de diseño por bajar los precios se forman unas largas listas de costos, como muchas piezas desechadas, tamaños de lotes más grandes para reponer los desechos, reelaboración, inspección, clasificación, quejas, devoluciones de clientes, costos de garantía y rebajas a los clientes y ventas con pérdida.



*Calibre de inspección de superficie para botella de pisco Mistral. Fotografía propia para el proyecto.*

En consecuencia, las características de un producto viene de parte del equipo de diseño de la marca que se encarga de entregar la especificaciones de funcionalidad y calidad del producto. Por otro lado, las deficiencias en la calidad del objeto son responsabilidad de los departamentos de manufactura, quienes están encargados de minimizar estos errores influyendo enormemente en el costo del producto.



*Calibre de hilo para fitting de THC. Fotografía propia para el proyecto.*





## ③ Medición Industrial

“Así como la verdad se produce por la medida, así la medida se produce por la verdad”  
San Agustín (Sabidurias).





## 3.1 Importancia de la medición en la industria

Para que dentro de la industria los productos se realicen de buena manera, cumpliendo con todas las especificaciones establecidas anteriormente, debe existir un buen sistema de medición e inspección. En esta etapa procederemos a cómo darnos cuenta del valor numérico del producto para tener un registro si es que está dentro de los rangos de tolerancia para verificar si el producto es funcional en todas sus categorías (Contreras, comunicación personal, 2 noviembre de 2015).

Diferentes labores de medición son llevadas a cabo constantemente en la vida cotidiana, pero las que están explícitamente dentro del mundo industrial y que demuestran la gran revelación que tiene la metrología en la parte económica de la manufactura son los conceptos de tolerancia ligados a la especificación del producto y de error e incertidumbre, los dos asociados a los resultados de la medición (Lira, 1997).

La medición es un proceso en el cual se compara algo que uno no sabe con un estándar conocido, usando un sistema de unidades aceptado. La medición puede ser a través de una simple regla lineal estándar de algo para establecer la escala de la longitud de una parte o un cálculo complejo de fuerza contra deflexión durante una prueba de tensión. El resultado de la medición es a través de un valor numérico de la cantidad asociada a una unidad de medida, teniendo en cuenta ciertos límites de precisión y exactitud, como la tolerancia (Groover, 1997).

En las fábricas se realizan una gran cantidad de mediciones para verificar si el producto, servicio o ensayo cumple con las especificaciones dadas. Pero un valor exacto de las mediciones anteriores es casi imposible de obtener. Por ejemplo, es un error pedir que la humedad de un galpón de fruta sea exactamente 50%, ya que todo equipo de acondicionamiento de aire es capaz de controlar la humedad dentro de ciertos márgenes. Lo mismo pasa cuando se mide con una huincha, un pie de metro, un termómetro, etc. En consecuencia, una especificación correcta debería indicar el valor deseado y un rango de intervalo de variabilidad aceptada y regulada anteriormente, como en el caso del aire acondicionado, 50% más menos 5 (Lira, 1997).

*Calibre de control de rectitud para botella de pisco mistral, en Cristal Chile. Fotografía propia para el proyecto.*



## 3.2 Conceptos y principios de la medición industrial

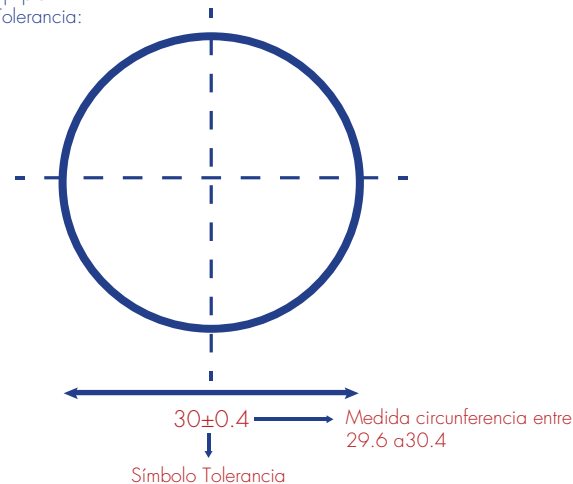
Existen algunos principios que son muy importantes a la hora de medir. Estos son tolerancia, incertidumbre, error, exactitud y precisión.

### Tolerancia:

Ya fue nombrada anteriormente, pero ahora se detallará más explícitamente debido a que es un concepto vital para el control de calidad en la industria.

Tolerancia se aplica a la fabricación de piezas en serie, que tiene una información significativa y cuantificable propia de un producto industrial, que se puede aplicar a distintos tipos de unidades como peso, dimensiones, resistencia, o cualquier otro. Es un intervalo de valores en el que debe encontrarse tal magnitud para que sea válida por el control de calidad, lo que puede dar como resultado una aceptación o rechazo del producto producido. Si es que los valores del producto medido quedan dentro de los valores de tolerancia, este es aceptado, si queda afuera es rechazado (Espinosa, Sin año).

Ejemplo  
Tolerancia:



*El propósito de los intervalos de tolerancia es el de admitir un margen para las imperfecciones en la manufactura de componente, ya que se considera imposible la precisión absoluta desde el punto de vista técnico, o bien no se recomienda por motivos de eficiencia: es una buena práctica de ingeniería el especificar el mayor valor posible de tolerancia mientras el componente en cuestión mantenga su funcionalidad, dado que cuanto menor sea el margen de tolerancia, la pieza será más difícil de producir y por lo tanto más costosa (Espinosa, p. 3).*

Por ejemplo, en la visita realizada a la empresa de tuberías y fittings de pvc Vinilit, se entregaron las tole-

rancias del diámetro interno de la tubería de regadío que ellos producen. Esta era de un intervalo de entre 13,9 mm. hasta 14,4 mm. Es decir, dentro de esos valores la producción -en la cual se va midiendo un producto por horas- es aprobada o rechazada por el control de calidad, ya que si la tubería de regadío está sobre o bajo estas tolerancias se acoplaría mal o no se podría unir con otros elementos como un regador, generando pérdidas o hasta campos secos por bajo niveles de agua (Pulgar, comunicación personal, 11 mayo de 2015).

Por lo tanto, en toda industria, y más específicamente en toda oficina de control de calidad, son muy importantes las tolerancias. Toda medida por atributo de un producto, que son los más importantes que requiere el cliente para que sea funcional, debe contener con ella misma un rango de tolerancia. Es por esto que cada vez que se pidan los planos de algún producto de manufactura masiva industrial este debe tener sus tolerancias en las medidas (García, comunicación personal, 1 junio de 2015).

Toda tolerancia se simboliza con el signo  $\pm$  (más y menos), al igual como lo muestra la siguiente fotografía de un plano industrial de la empresa inyectora de plástico Comberplast de una pieza interior de una aspiradora que ellos fabrican de la marca Electrolux. En la imagen se muestra que la distancia que debe haber entre el centro de un agujero y otro es de 56 mm más o menos 3, que significa que puede llegar a medir entre 55,7 mm. hasta 56,3 mm (Jaramillo, comunicación personal, 26 junio de 2015).



Plano de pieza interna de aspiradora Electrolux. Fotografía propia para el proyecto.

### Incertidumbre:

Es el concepto determinado como un parámetro que caracteriza el intervalo dentro del cual se cree, con gran seguridad, que se encuentra el valor verdadero. Es un cálculo más estadístico, en donde se computa cuál es el rango del valor de la medida (Lira, 1997).

“La incertidumbre es la dispersión de los valores que pueden ser atribuidos razonablemente al verdadero valor de la magnitud medida. En el cálculo de la incertidumbre interviene la distribución estadística de los resultados de series de mediciones, las características de los equipos, etc” (Creus, 2011, p. 18).

Para entenderlo de mejor manera se dará un ejemplo: el resultado de una medición de calidad de la tensión de una red eléctrica de casa es de 220 V ± 10 V. Esto significa que el resultado con seguridad estadística establecida en la incertidumbre es entre 210V y 230V (Lira, 1997).

Es la desviación que tienen las medidas prácticas de una variable de proceso con relación a las medidas estándares reales del sistema de unidades, que viene

de parte del resultado de las imperfecciones de los productos y sus piezas, y de las variables externas que afectan el proceso (Creus, 2011).

### Exactitud:

Es cuando el grado de un valor medido coincide con el valor verdadero de la cantidad que nos interesa obtener. Todos los procesos de medición deben ser exactos, sin ninguna desviación positiva ni negativa del valor verdadero. (Groover, 1997)

La exactitud entrega los límites de los errores cometidos por el instrumento que se emplea en condiciones normales durante un período de tiempo determinado. Este concepto se manifiesta de manera contraria a través de la inexactitud. Por ejemplo, un termómetro que cuando existen 100 °C marca 98,98 °C. Se acerca al valor real, pero con una diferencia de 0,02 °C, por lo tanto tiene una inexactitud de 0,02 °C (Creus, 2011).

Es el grado en el que se pueden repetir los procesos de medición. Este principio bien realizado es cuan-

do se reducen al mínimo los errores aleatorios en el proceso de control. Los errores aleatorios se asocian con la participación de personas dentro del proceso de medir. Algunas de estas fallas pueden ser ocasionadas por variaciones en la preparación, la lectura imprecisa de la escala, las aproximaciones redondeadas, etc. Pero también existen unos elementos no humanos que contribuyen al error, como los cambios de temperatura del ambiente, el desgaste gradual de las piezas, desajustes en los elementos, entre otras (Groover, 1997).

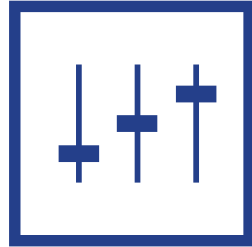
Creus (2011) sostuvo que “los instrumentos de medida estarán diseñados por los fabricantes para que sean precisos, y como periódicamente se descalibran, deben reajustarse para que sean exactos. A señalar que el término precisión es sinónimo de respetabilidad” (p. 16).

# 3.3 Inspección

## Tipos de técnicas de inspección



Medición



Calibración



Personal de control de calidad inspeccionando pieza de fitting THC. Fotografía propia para el proyecto.

Dentro del mismo rubro de la metrología y en la búsqueda de la calidad industrial se definirá una actividad que hace uso de las técnicas de medición dentro de la manufactura. Esta es la inspección, la cual es un procedimiento donde se examinan las características esenciales de un producto, tales como dimensión, para determinar si apega o no a la especificación del diseño (Groover, 1997).

La inspección incluye dos tipos de técnicas, una de medición y otra de calibración, para darse cuenta si es que en una producción o producto sus componentes, subensambles o materiales iniciales están de acuerdo con los detalles del diseño.

El diseñador del producto establece las especificaciones, las cuales se refieren a los acabados de superficie, dimensiones y características similares. Estas van más de la mano de los productos mecánicos (Groover, 1997).

La calibración es algo sencillo que determina si la característica de una parte cumple o no con la especificación del diseño. También es llamado “pasa o no pasa”, ya que verifica si es que la dimensión está dentro de la tolerancia, es muy grande o muy pequeña. Esta técnica es más rápida que la medición, pero proporciona información insuficiente, ya que no entrega un valor real de característica calibrada, sólo informa si es que el producto está o no dentro de los rangos direccionales (Groover, 1997).



Para Groover (1997) la inspección se realiza en tres momentos: antes, durante y después de la manufactura.

También se divide en dos tipos:

### **Inspección por variable:**

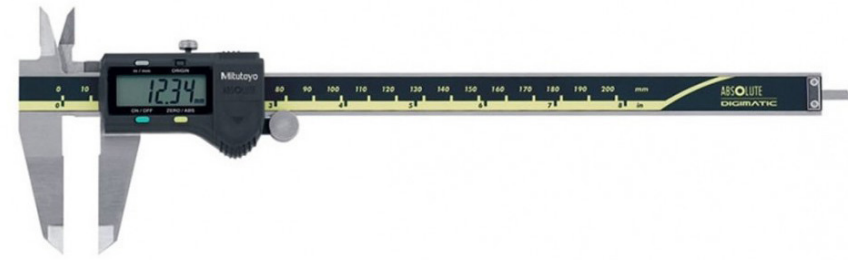
A través de instrumentos de medición especializados se miden las dimensiones del producto o piezas de él. Esta forma tiene la gracia de que se obtienen datos sobre los valores reales. Estas cifras se pueden registrar durante un periodo de tiempo para analizar luego las tendencias en el proceso de industrialización. Es posible hacer ajustes al proceso de producción desde la maquinaria con los datos para que las piezas futuras se produzcan con los valores más cercanos al diseño nominal.

### **Inspección por atributos:**

Es la cual las partes se calibran para darse cuenta si es que están dentro de los límites de tolerancia o no, tiene gran rapidez de control y un costo bajo.

Los procesos de inspección se hacen en casi todos los casos de forma manual. Tal como fue explicado por José Sandoval, encargado general del control de calidad de Wenco, en la visita realizada a la planta 4 productora de la División Industrial de la marca.

Se refirió a algo muy importante sobre la inspección. Dentro de la producción todos los productos están compuestos por más de una pieza y muchas de estas piezas que son mínimas, como un anillo de seguridad o una tapa de un bidón, no son fabricadas por ellos, sino que son dueños de las martirices y se mandan a hacer a empresas externas. Pero lo interesante es que estas piezas deben pasar por un proceso de control de calidad propio de Wenco, al igual que



*Pie de metro digital. Fuente: www.starrett.com*

los productos fabricados en la misma planta. Por lo tanto, de manera manual un funcionario encargado del control de calidad debe tomar muestras, aproximadamente 1 cada 100, y tiene que medir cerca de 22 piezas en cuatro puntos distintos. Por lo tanto son 88 mediciones, un número bastante grande. Lo peor de todo es que las mediciones las hacen con un pie de metro digital.

El pie de metro digital es un instrumento muy manual que requiere de mucha paciencia y delicadeza para lograr un resultado exacto en micrones, debido a que depende mucho de la presión con que el operario utilice el instrumento y del cómo lo coloque sobre la pieza medida, ya que si se coloca un poco más en diagonal va a dar otra cifra que si lo pones recto.

El encargo general del control de calidad explicó que este es un proceso que actualmente estaba generando muchos problemas, uno por la inexperiencia de los operarios al utilizar el pie de metro digital, dos

porque el operario se empieza a cansar y comienzan a medir erróneamente generando resultados inciertos que después pueden producir grandes problemas y tres se invierte mucho tiempo en este proceso y mucho dinero invertido en un trabajador que puede llegar a demorarse hasta una mañana (Sandoval, comunicación personal, 8 octubre de 2015).



Inspección en línea de botella de Vodka Eristoff, en Cristal Chile planta Padre Hurtado. Fotografía propia para el proyecto.

Por lo tanto, debido al tiempo y al costo de la inspección manual, usualmente se hace un procedimiento de muestreo estadístico para reducir la cantidad de piezas para inspeccionar.

### **Muestreo contra inspección al 100% :**

Se elige una menor cantidad de las partes producidas, que incluso puede llegar a ser hasta el 1% de la producción. Esto se debe a que no se miden todos los artículos de una población existiendo siempre en cualquier procedimiento un riesgo esperado. Pero si es que uno quiere obtener el registro de calidad del 100% de lo producido de forma manual, primero tendría un gasto implícito donde el costo de inspección unitaria aplicada a todo el lote, podría llegar a superar el costo de fabricación. En segundo lugar al inspeccionar todas las piezas siempre igual existe un rango de error asociado al procedimiento. La tasa de errores depende de la complejidad y dificultad de la medición de calidad, cuánto juicio se debe aplicar y por último al cansancio o fatiga del operador (Groover, 1997).

En consecuencia, como lo dice Groover, (1997): “Una inspección al 100% que utilice métodos manuales no garantiza una buena calidad del 100% del producto” (p. 1011).

### **Inspección 100% automatizado**

Es un modo de superar problemas asociados con la inspección 100% manual. Esta es donde se automatiza uno o más pasos tales como:

- La presentación automatizada de las partes mediante un sistema de manejo automático.
- La inscripción manual de las partes en una máquina de inspección automática.
- Una celda de inspección completamente automática en la cual las partes se presentan y se inspeccionan en forma automática (Groover, 1997).

La última es del estilo de las que existen en los laboratorios de Control de Calidad de la empresa de envases de vidrio Cristalerías Chile. En donde el operario saca una muestra de la producción y la introduce en la máquina: esta se la llevan mediante una cinta transportadora que luego es levantada mediante brazos mecánicos y escaneada a través de un laser por todas sus

partes, mostrando una imagen 3d del objeto en tiempo real en un pantalla, dando a conocer detalles de grosores, calidad del material y probables problemas de funcionalidad, además de registrar en una tabla de otra pantalla las dimensiones de esa producción comparándola con las anteriores en una tabla (Contreras, comunicación personal, 2 noviembre de 2015).

“En el manejo de calibres lo primero que tienes que analizar es qué es lo que valora tu cliente, eso que valora tu lo transformas dentro del proceso y cómo dentro del proceso tu lo transformas en algo que no sea destructivo y que te pueda medir la mayor cantidad y de la forma más eficiente. Por qué tu tienes un costo, tu tienes que analizarlo versus el beneficio. Se utiliza estadística cuando no se puede medir todo” (Mac Cawley, comunicación personal, 22 octubre de 2015).







## 4 Calibres

“Muchas veces este producto tiene problemas con el enfriamiento de la pieza, lo que produce que cuando cae el producto se ovala, creando una producción de muy mala calidad. Por lo tanto, un calibre que compruebe que se está creando perfectamente circular es de gran utilidad” (Aravena, comunicación personal, 3 junio de 2016).



Los calibres son herramientas no graduadas que se utilizan para realizar comparaciones o transferir una dimensión exacta (Groover, 1997) y para verificar si es que una operación se está realizando de manera adecuada. Estos son muy usados en la industria automovilística y en la aeronáutica, inspeccionando todas las partes críticas de las producciones y revelando inexactitudes específicas. De esta manera el operario de la línea de producción puede corregir la máquina fabricadora a tiempo y evitar problemas futuros. (Hoover, 1943)

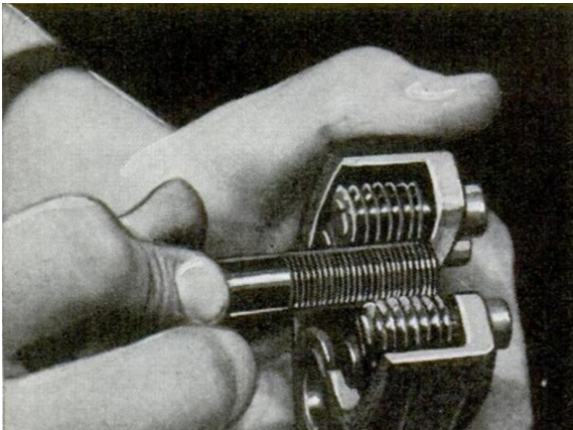
Estos equipos de control se encuentran en laboratorios de metrología, oficinas de control de calidad, salas de herramientas y en las líneas de fabricación (Groover, 1997). El más usado y profesional es el calibre “Pasa - No Pasa”, el cual revisa los rangos de tolerancia de los atributos del producto. Por un extremo del calibre inspecciona el límite mínimo, que es el “Pasa”, y por el otro revisa una unidad por sobre la tolerancia, que es el “No Pasa” (Hoover, 1943).

Existen algunas marcas que comercializan calibres de medidas estándares que se replican en muchas industrias, como por ejemplo los calibres de hilos interiores, de hilos exteriores y los de diámetros interiores. Las marcas confiables y buenas son de países como Estados Unidos, Inglaterra y Alemania. Sin embargo, el problema que tienen ellas es que realizan piezas de un alto valor y no están diseñadas con los rangos de tolerancia específicos de cada industria.



Calibres de control de matriceria de Cristal Chile.  
Fotografía propia para el proyecto.

Calibre hilo pasa no pasa. Fuente: Popular Machines Book.



Inspección en línea botella pisco Mistral, en Cristal Chile. Fotografía propia para el proyecto.



## 4.1 Bloques calibradores de precisión



Bloques calibradores de peso de Cesmec. Fotografía propia para el proyecto.

*“Los bloques de calibradores de precisión son los estándares contra los que se comparan otros instrumentos y calibradores de mediciones de dimensiones (también existen de peso). En general, los bloques de calibración tienen forma cuadrada o rectangular. Las superficies de medición tienen un acabado considerado dimensionalmente exacto y paralelo, con una tolerancia de  $\pm 0,00003$  mm.” (Groover, 1997, p. 1013)*

Al entrevistar al Gerente de la División Metrológica de Cesmec, empresa dedicada a la presentación de servicios relacionados con la certificación de productos, análisis de laboratorio, calibraciones e inspecciones, explica que en Chile la mayoría de las industrias utiliza bloques calibradores de presión, también llamados patrones, para la regularización y ver si están entregando la información correcta de los mismos instrumentos manuales y electrónicos que las fabricas tienen, verificando desde pesas electrónicas hasta huinchas de medir.



Caja de bloque patrón. Fuente: [www.directindustry.es](http://www.directindustry.es)

Cesmec es un centro de regularización en donde ellos reciben estos bloques de las industrias y calibran estos patrones en base otros patrones más precisos que tienen, entregándoles a sus clientes la información del grado de error que contienen sus instrumentos (García, comunicación personal, 1 junio de 2015).

El mundo de la certificación está muy regularizado, pero es complicado, ya que los patrones que tiene Cesmec son también certificados por otras empresas más expertas aún. En este caso son acreditadas por una compañía estadounidense que se basa en el ASQC (American Society for Quality Control) y así sucesivamente se van acreditando y terminando en la “meca” de la certificación que es el ya nombrado BIMP (Bureau International des Poids et Mesures) en la localidad de Sévres, a las afueras de París (Lira, comunicación personal, 21 octubre de 2015).





Calibre de peso de Fosko para envase de mantequilla La Sueña. Fotografía propia para el proyecto.



Calibre de verificación para pie de metro de. Fotografía propia para el proyecto.



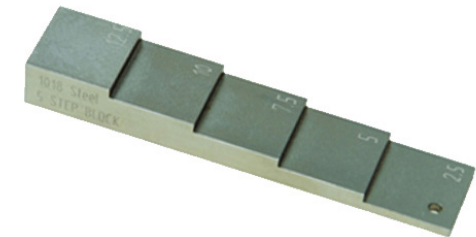
Patrón

**“Estos son instrumentos de verificación”** (Castillo, comunicación personal, 5 octubre)

La empresa fabricante de envases plásticos más grandes del país, Fosko, utiliza patrones de peso para comprobar la resistencia de un producto simulando el número de gramos que va contener, estos tienen forma de bloques o medallones que tienen un peso específico, verificando si es que el producto mantiene su firmeza estructural y de forma.

Víctor Sonsa, jefe de control de calidad, explicó que siempre se le aplica uno de estos instrumentos un poco más pesado de lo que debiese resistir. Por ejemplo, si un pote de margarina que especifica que contiene 500 gramos de ella, se le coloca un calibre de peso 800 gramos suponiendo que el envase puede ser expuesto a mayor fuerza (Sonsa, comunicación personal, 22 abril de 2015).

Estos son instrumentos de verificación, y es uno de los sistemas más distintos, ya que se utilizan además para comprobar si los pies de metros, micrómetros, pesas están funcionando de manera correcta, es decir, que lo que dicen cuando miden es lo correcto. Además, estos patrones son mandados a calibrar al centro de metrología de Cesmec cada dos años, así ellos le entregan un sello de certificación que los abala ante sus clientes (Castillo, comunicación personal, 5 octubre de 2015).



Bloque de prueba para calibre ultrasonido.  
Fuente: [www.aliexpress.com](http://www.aliexpress.com)

## 4.2 Calibradores Fijos

Estos son una replica física de la dimensión de una parte (Groover, 1997), son utilizados para la medición y control de calidad por atributo del producto, por lo tanto deben ser específicamente diseñados y fabricados para la industria productora de tal producción a inspeccionar. Son herramientas para la verificación directa hacia el producto con dimensiones fijas (Pulgar, comunicación personal, 11 mayo de 2015).

**Son usados para verificar si es que el objeto producido está con las medidas correctas y si no lo está la máquina productora se calibra hasta llegar a las dimensiones correcta. Es por esto que esta herramienta se llama calibre.**

También, es muy utilizado como fue dicho en el capítulo anterior, en el proceso de set-up (partida). Las líneas de producción van cambiando el producto que hay que producir, dependiendo de la fábrica a veces una vez al día, a la semana, o a las horas. Es muy cambiante. Por consecuencia, es muy necesario un calibre, ya que cuando se parte una nueva producción siempre cuesta tiempo regular la máquina para que el producto tenga las dimensiones correctas. Por lo tanto, este instrumento ayuda a verificar de una manera más fácil y efectiva si el producto está cumpliendo con las medias correctas (Mac Cawley, comunicación personal, 22 octubre de 2015).



Calibre de cangrejo. Fuente: [www.traveloregon.com](http://www.traveloregon.com)

Estos deben tener dimensiones estables y ser resistentes al desgaste, ya que se introducen y se sacan constantemente. Los materiales utilizados son casi siempre aleaciones de acero o acero puro y con un acabado de alta exactitud. Cuando la resistencia al desgaste es muy importante se usa carburo cementado (Groover, 1997).

Los calibres fijos son fáciles de usar y el tiempo requerido para completar una inspección casi siempre es menos al que emplea un instrumento de medición. Los calibradores fijos fueron un elemento fundamental en el desarrollo de la manufactura de partes intercambiables, porque propiciaron una medida para fabricar partes con tolerancias suficientes estrechas para el ensamble sin limadura o ajuste (Groover, 1997, p. 1020).

En el centro de inspección técnica QA/QC se explicó por qué también muchas veces es necesario la utilización de un instrumento que entregue valores unitarios de lo medido:

*“Porque los calibres tienen otra utilidad, son para una producción más masiva, es para piezas que se hacen millones al mes, en cambio nosotros nos interesa medir y saber la cifra exacta de cuanto está la pieza, más que saber si están correctas o no. Es decir, no me interesan las variables como lo ve un calibre” (Caseres, comunicación personal, 26 agosto de 2015).*

**Los calibres son también llamados como galgas** en algunas industrias, lo cual produce muchas veces confusiones pensando que son distintos instrumentos, con diferentes funciones. Pero son lo mismo, galga proviene de la traducción de calibre en ingles que es “gauge” (Lira, comunicación personal, 21 octubre de 2015).

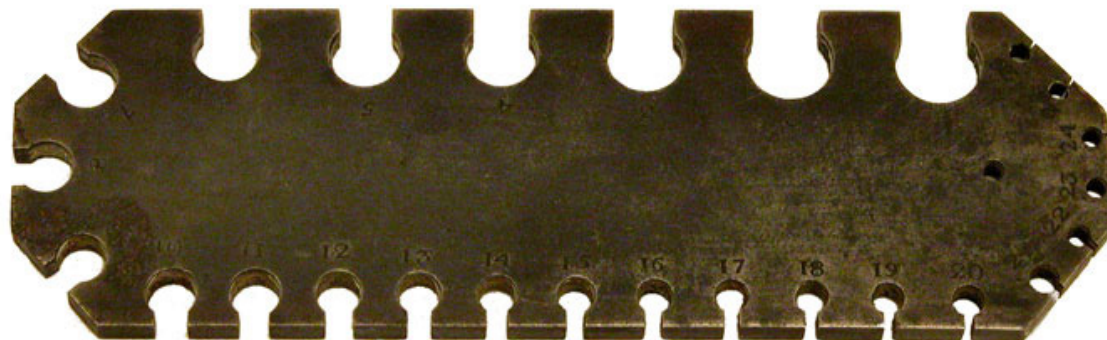
Estos, son además muy útiles para la verificación del correcto funcionamiento de los instrumentos de medición de tecnologías, los que serán explicados posteriormente. Muchas industrias están compuestas por varias maquinas automáticas de control de calidad, pero el instrumento que inspecciona que estas estén funcionando bien son los calibre fijos, ya que para comprobar realmente su calidad siempre se necesita de algo físico y real.



Calibre de no graduado Langosta. Fuente: [www.oldyorkmuseums.wordpress.com](http://www.oldyorkmuseums.wordpress.com)



Calibre no graduado de color y tamaño de uva. Fuente: [www.uvasperu.wordpress.com](http://www.uvasperu.wordpress.com)



Calibre estandar de diametro de cable. Fuente: [www.gilai.com](http://www.gilai.com)



Existen dos categorías básicas de calibres: está el calibrador maestro y el calibrador límite.

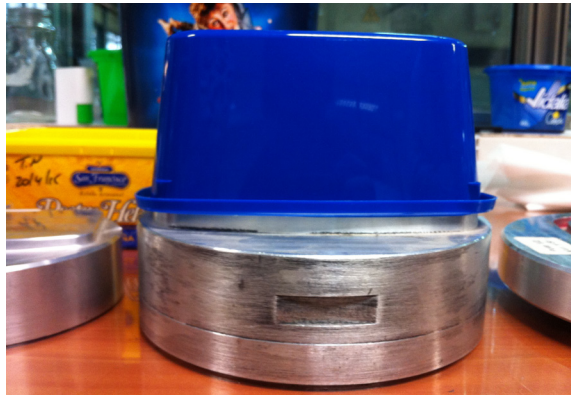
### El calibrador maestro

Es el más básico, está dentro del mundo de los instrumentos no graduados, el cual es una réplica directa del tamaño de la dimensión de la parte a medir. Es menos preciso, no por su materialidad ni tampoco por su resistencia al roce, sino por no controlar la tolerancia de la medida sino que sólo regula una unidad asignada.

### El calibrador límite

Es una replica inversa de la dimensión de una parte y está diseñada para verificar uno o más límites de tolerancia. Está compuesto por dos calibradores en uno, el primero comprueba el límite inferior de la tolerancia y el otro verifica el límite superior, en donde al probar la pieza el límite inferior permite que la pieza se inserte, en cambio el límite superior lo impide ya que está una unidad más alta que la tolerancia. Es por esto que estas piezas de control de calidad se les llama vulgarmente como calibres “pasa-no pasa” o en inglés “gauge go-no go” (Groover, 1997).

El encargado general del control de calidad de la empresa inyectora de plástico Comberplast, explicó en la visita a la planta de que al realizar un calibre pasa no pasa se debe primero verificar el rango de tolerancias y luego ver cuál es el error más problemático que afecte al atributo.



Calibre maestro de la fábrica de Fosko. Fotografía propia para el proyecto.



Calibres de anillo para Crital Chile. Fotografía propia para el proyecto.



Calibre de limite de Cristal Chile para botella de Pisco Mistral. Fotografía propia para el proyecto.



Por ejemplo, en su empresa producían una pieza para la marca Electrolux, que en su uso funcional iba a tener incrustado un rodamiento en un orificio de la pieza que ellos hacían, con un rango de tolerancia de  $29,79\text{mm} \pm 6$ . Por lo tanto, el peor error era que esta pieza se salga por tener el orificio con un diámetro muy alto. Ante eso construyeron el calibre con la dimensión pasa  $29,85$  mm. y no pasa  $29,74$ , un micrómetro más de la tolerancia que es cuando el rodamiento se empezaría a caer (Jaramillo, comunicación personal, 26 junio de 2015).

Los calibres de límites son los más usados debido a la capacidad de medir con la tolerancia del producto. Pero todas las producciones son distintas para cada industria y todos tienen distintas dimensiones específicas, las cuales necesitan un control de calidad. Por lo tanto, todos tienen calibres distintos con formas distintas (José Contreras, Cristal Chile). Pero sí tienen cosas en común, llevando a crear categorías de calibres fijos por la función dimensional que buscan verificar (Groover, 1997).

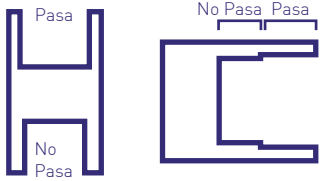
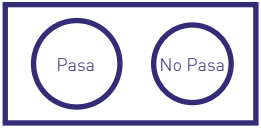
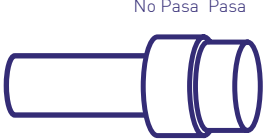




*Estantes de calibres de límite de Cristal Chile. Fotografía propia para el proyecto.*



*Estantes de calibres de límite de Cristal Chile. Fotografía propia para el proyecto.*

# Tipos de calibres

Tipología	Especificación	Geometría básica
Calibradores límite de contacto	Se utiliza para el control de dimensiones externas de los productos, consta la mayoría de las veces con un marco en forma de C, utilizándose la parte interior teniendo en su extremo la dimensión pasa y un no pasa más adentro. Sirve para verificar diámetros, anchuras, grosores y superficies similares (Groover, 1997).	
Calibradores límite de anillo	Se utiliza para verificar diámetros cilíndricos muy utilizados en la industria de los envases de líquido para medir la boquilla. Este tiene forma de plancha, con dos orificios, uno es el pasa y el otro no pasa, siempre sale especificado cuál es el pasa y cuál es el no pasa (Groover, 1997).	
Calibrador límite de inserción	Este se utiliza par verificar diámetros de orificios o boquillas, tienen forma de manilla con dos cirulos pegados unos contra el otro. En la parte superior el de más arriba es el pasa y un poco más abajo el no pasa (Groover, 1997).	
Calibre plug	Este se utiliza de manera automática dentro de la producción, consiste en una pieza plástica que tiene un diámetro fijo. El cual entra y sale a través de una máquina. Si es que en una no entra una palanca retira el producto de la línea de producción automáticamente. Este instrumento es muy utilizado en el rubro de las botellas de vino para evitar problemas con el corcho.	
Calibrador maestro	Es un instrumento no graduado, el cual es una réplica directa del tamaño de la dimensión de la parte a medir. Es menos preciso por no controlar la tolerancia de la medida sino que sólo regula una unidad asignada. Sus geometrías varían dependiendo del producto y el atributo medido. Es muy utilizado en el mundo de los envases plásticos (Groover, 1997).	





## 5 Situación Industrial en Chile en torno a los calibres

“Si es que mis trabajadores llegan un día lunes con la caña o están de mala, me van a medir mal las piezas que vienen de afuera y esto me puede producir grandes problemas futuros” (Sandoval, comunicación personal, 8 octubre de 2015).



## 5.1 Situación nacional

Entrando más en el mundo del control de calidad se investigó el uso de los calibres dentro de distintas industrias en Chile, descubriendo diferentes variables que le suceden a cada una, ya que producen distintas cosas que necesitan de controles de verificación de atributos diferentes. Por lo que se irá describiendo la industria con su sistema de calibración y luego en una tabla se comparan cada empresa.



Planta Llay-Llay, Cristal Chile. Fuente: [www.cristalchile.cl](http://www.cristalchile.cl)



Planta Lampa, Fosko. Fuente: [www.fosko.cl](http://www.fosko.cl)



Planta Huechuraba, Wenco. Fuente: [www.wenco.cl](http://www.wenco.cl)



Planta San Bernardo, Vinilit. Fotografía propia para el proyecto.



Industria de inyección en plástico, Comberplast. Fuente: [www.comberplast.cl](http://www.comberplast.cl)



Feria del plástico, Espacio Riesco. Fotografía propia para el proyecto.



# Vista y entrevista Fosko

## Observación en terreno



Fosko es una compañía líder en la creación de envases y productos inyectados con un gran enfoque de innovación y diferenciación. Son proveedores de grandes industrias como la de Alimentos, Laboratorios Farmacéuticos, Fast Food y Elementos Promocionales. Crean muchos de los packaging plásticos que utilizamos hoy en día, como los potes de mantequilla “la sureña”, las cazatas de helado “San Francisco”, el envase de sacarina “Sucralosa”, los palitos de helados “Savory”, etc.

Estos calibres eran para probar funcionalidad de los productos: como calza una tapa, que un botón no se quedara atrapado, que una pieza se deslice dentro de otra, etc. Fosko nombra a sus calibres según su funcionalidad. Estos son: caída libre, palillera, pasa no pasa, ajuste, de peso, de verificación.

El mayor problema era que muchas de estas piezas eran hechas por ellos mismos internamente, generando que luego se aprobarán producciones erróneas pasando como correctos. Esto permite que se realicen despachos con fallas, problemas en el ensamblado de piezas, aumenta el porcentaje de devolución y clientes disgustados con ellos.

Pero también mandaban a hacer algunos calibres a matriceras que les daban resultados muy buenos, ya que los hacen de una manera muy precisa. Pero este servicio era muy costo y requería tiempo mandar a hacer uno siendo que ellos los necesitaban lo antes posible. La realización de piezas muy pequeñas y simples, como un paralelepípedo con un agujero rectangular en su centro, podía costar desde \$200.000 y formas complicadas como el de la tapa de una casata serían mucho más costosos.

(Sonsa, comunicación personal, 22 abril de 2015)

(Castillo, comunicación personal, 5 octubre de 2015)

### Frase clave:

“Entre más calibres tengamos por producto mejor, más control y de manera más rápida”, encargado general control de calidad.



Calibre Sucralosa fabricado internamente. Fotografía propia para el proyecto.



Calibre llamado por ellos de ajuste. Fotografía propia para el proyecto.



Calibre fabricado internamente. Fotografía propia para el proyecto.



# Vista y entrevista Wenco

## Observación en terreno

Wenco es una de las empresas líderes en Chile en la producción de soluciones en plástico para la industria (80%) y el hogar (20%), con más de 50 años de experiencia. Produciendo productos que son utilizados en diversos sectores como el minero, el forestal, el agrícola, pesquero, agroindustrial, vitivinícola, químico y exportador.

En esta visita se descubrió un punto muy importante en torno a los sistemas de medición de piezas. Casi todos los productos estaban compuestos por más de una pieza y muchas eran piezas mínimas como un gollete o una tapa de un bidón no eran fabricados por ellos, sino que eran dueños de las matrices y se mandaban a hacer a empresas externas. Pero lo interesante es que estas piezas debían pasar por un proceso de control de calidad propio de Wenco, al igual que

los productos fabricados en la misma planta. Pero en este caso era más manual, explicó José Sandoval.

**Un funcionario encargado del control de calidad toma muestras, aproximadamente 1 de cada 100, en donde tiene que medir cerca de 22 piezas en cuatro puntos distintos. Por lo tanto, son más de 80 mediciones que deben ser hechas con precisión y para peor todo esto lo realiza con un pie de metro digital.**

Este es un instrumento muy manual que requiere de mucha paciencia y delicadez para lograr un resultado exacto en micrones. Por la cantidad de piezas a medir los operarios se empiezan a cansar y comienzan a medir erróneamente, generando resultados inciertos que después pueden producir grandes problemas o simplemente tener una base de datos errónea.

*Algunos de los productos que vende Wenco. Fuente: [www.wenco.cl](http://www.wenco.cl)*



Cita textual de lo que dijo José Sandoval:

*“ El operario luego de medir cinco tapas con pie de metro ya no quiere ver más tapas, ya que el instrumento no es adecuado para la labor, requiere de mucha paciencia, precisión y es un proceso cansador. y le quedan como 20 por delante. Por lo tanto, tatra de medir el resto de una manera más rápida y menos precisa. Si es que me pueden solucionar este problema con unos calibre pasa - no pasa, en donde el técnico solo tenga que meter esta pieza y sacarla para comprobar si sus tolerancias están correctas, sería de una gran ayuda, ya que en vez de gastarse toda una mañana midiendo se demoraría 10 minutos nomás.”*

*(Sandoval, comunicación personal, 8 octubre de 2015) (Sandoval, comunicación personal, 20 octubre de 2015)*

# Vista y entrevista Cristal Chile

Observación en terreno



Cristal Chile es la empresa líder en fabricación de envases de vidrios de Chile, con la mayor cantidad de ventas en el país y con más de 100 años de trayectoria. Cuenta con dos plantas productoras, una en Padre Hurtado y otra en Llay-Llay.

Dentro del control de calidad es una de las empresas de Chile con el mejor proceso y equipo de verificación del país, ya que cuenta con herramientas manuales y automáticas de alto costo y exactitud. Con uno de los mejores sistemas de fabricación y uso de calibres.

El vidrio es un material que varía mucho en sus dimensiones al momento de producción, además Cristal Chile es de producción masiva, por lo que no puede perder tiempo en rechazos y malos controles. Por lo tanto, tiene un sistema de calibres excelente.

José Contreras explicó que de cada producto nuevo que entre a la producción deben entrar tres calibres, dos para la línea de producción y otro para el encargado de control de calidad. La producción en línea verifica cada hora un rac de 24 botellas, revisándoles más o menos seis atributos dependiendo del objeto. Esto se realiza dos veces, uno en la zona de calor y otro en la zona fría.

Estos calibres son hechos con alta rigurosidad, utilizando la norma ISO 9000 para verificar los rangos de tolerancia de cada calibre mandados a hacer en material metálico tiorodur templado.

**Ellos hace 10 años que siguen con el mismo fabricante de calibres,** que es la maestranza que le hace además las ma-

trices para los envases. Siguen con este debido a que les cumple con las tolerancias que ellos le piden y la dureza, aunque han tratado de cambiar de fabricante por temas de precio pero no le a dado buenos resultados.

Actualmente los costos de los calibres que ellos ocupan tienen un valor de: los más pequeños de entre 80 y 100 mil peso y los más grande y más utilizados 300mil pesos.

(Contreras, comunicación personal, 2 noviembre de 2015)

(Contreras, comunicación personal, 13 noviembre de 2015)

Planta Padre Hurtado de Cristal Chile con 6 líneas de producción. Fotografía propia para el proyecto.



# Vista y entrevista Comberplast

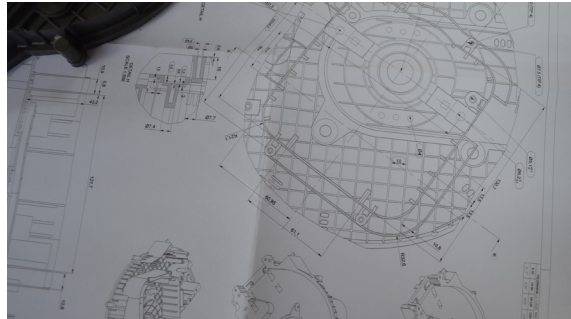
## Observación en terreno



Comberplast es denominada por Asipla (Asociación Gremial de Industriales del Plástico) como la empresa transformadora de plásticos más eficiente de la región. Ellos se dedican a hacer producción masiva de piezas plásticas a pedido, en donde el cliente sólo se encarga de entregar la propuesta o problemática, siendo ellos los que diseñan, mandan a hacer la matriz y la producen. Se visitó la fábrica junto al encargado de Control de Calidad, Walter Jaramillo.

Se revisó primero un plano de una pieza de una aspiradora de Electrolux con todas sus especificaciones y vistas, evidenciando la cantidad de detalles que tienen los productos para su funcionamiento y la diversidad de medidas, teniendo muchas de ellas rangos de tolerancias.

Después me mostraron los calibres que utilizaban ellos, que eran todos de material acero, pero que **actualmente no utilizaban ninguno, ya que estaban todos discontinuados con los productos que estaban produciendo hoy en día.** Esto debido a que les hacían modificaciones al objeto, lo que interfería las medidas que eran controlados por un calibre, por lo tanto perdían su función.



Plano pieza interna de aspiradora Electrolux. Fotografía propia para el proyecto.

Tampoco tenían calibradores para los actuales productos, ya que ellos no se encargaban de armar las especificaciones de control de calidad de los productos sino que el cliente era el que debía dar la orden de qué control se debía hacer, lo que podía o no incluir una revisión con calibre que el mismo cliente debía mandarlo a hacer y entregarlo.

Además, comunicaron que ellos tenían un historial donde anotaban cada vez que revisaban uno de estos instrumentos, pero que actualmente en la oficina de control de calidad los calibres casi nunca eran verificados. La asistente de Walter dijo que: “Le hacían el quite y se preocupaban de otras cosas”

Por último, se visitó la planta de producción por inyección en donde se observó a los asistentes de control de calidad realizando la revisión diaria, donde el mismo lugar sacaba muestras del producto, lo llevan al laboratorio o en el mismo lugar le toman medidas. Luego, a la producción le ponen una colilla firmada afirmando que el producto estaba aprobado. Se notó



Calibres ya discontinuados de Comberplast. Fotografía propia para el proyecto.

que a pesar de ser una fábrica que produce grandes toneladas de producción diaria, el control de calidad por parte de los operarios de las máquinas y del asistente es muy básico. (Jaramillo, comunicación personal, 26 junio de 2015)



# Vista y entrevista Vinilit

## Observación en terreno



Es el principal fabricante de tuberías y fittings de PVC en Chile, creando productos para el mundo de la construcción, urbanización, sanitario, riego, minería e industria. Esta pertenece al grupo belga Aliaxis Group prestigiosa marca a nivel mundial en sistemas plásticos de conducción de fluidos.

Esta visita fue comandada por el encargado general de control de calidad, Marcelo Pulgar. Los calibres que utilizaban ellos eran casi todos de inspección de diámetros interiores, ya que en casi todos sus productos lo importante por verificar eran las medidas interiores. Informó de varias problemáticas y necesidades que tenían en torno a los calibres.

Lo primero es que **no tenían gran cantidad de calibres como a él le gustaría, ya que el sistema de mandar a hacerlos era muy trabado, inseguro y requiera tiempo que no tenían.** Los calibres eran muy necesarios para su industria, porque habitualmente tiene muchos rechazos de cliente debido a que piezas no calzan o no



Calibre de limite de tapa de tubería Vinilit. Fotografía propia para el proyecto.

tienen los atributos que deberían tener. Eso es debido a que en la producción existen muchas variables que habitualmente se descalibran como velocidad, temperatura, flujo de agua y material de producción.

Segundo, los calibres que ellos tenían para algunos de sus productos puestos en las líneas de producción eran robados por los mismos operarios para venderlos por fierro, ya que eran de un material valioso como el bronce.

Esto producía que muchas veces el que manipulaban los calibres era el jefe de sector o los trabajadores del control de calidad, ya que son piezas muy valiosas, produciendo que los productos fueran verificados menos veces con estos instrumentos.



Calibre inoxidable de codo hidráulico Vinilit. Fotografía propia para el proyecto.

Tercero, los calibres que ellos tenían actualmente no eran totalmente funcionales para el usuario. En este caso el operario de la línea de producción, ya que eran muy pesados por lo tanto el operario los empujaba y lograba de mala manera que el producto esté dentro de las tolerancias. De esta manera evitaba ponerse a calibrar la máquina, lo que era muchas veces es una labor muy tediosa, pero después generaba rechazos de parte del cliente.

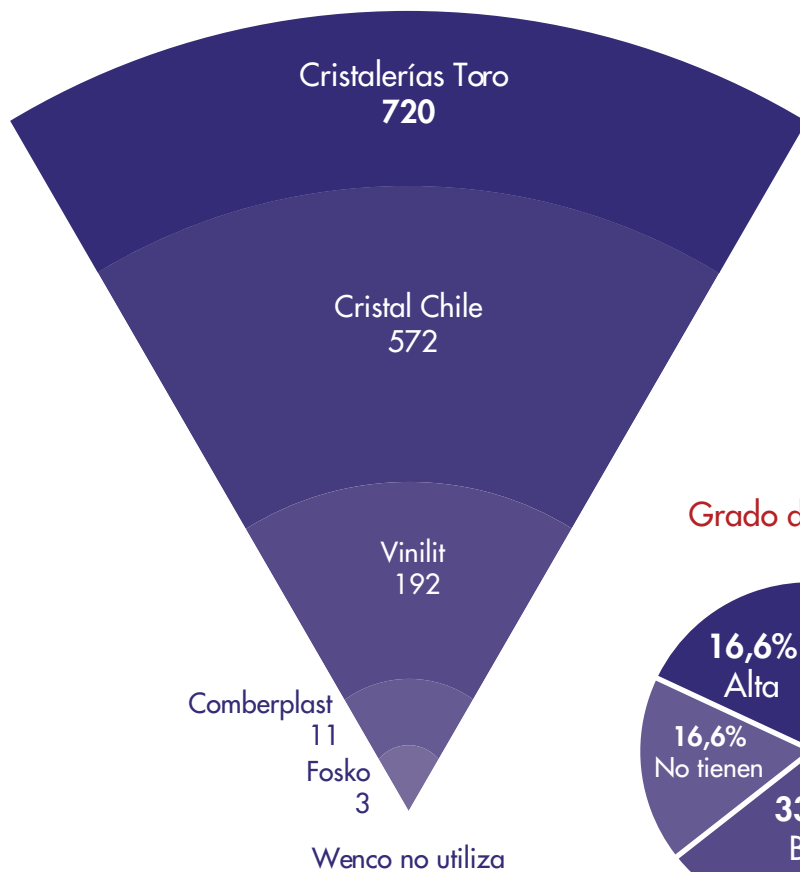
(Pulgar, comunicación personal, 11 mayo de 2015)  
(Pulgar, comunicación personal, 9 junio de 2015)

## 5.2 Tabla comparativa de industrias

Empresas	Quienes los utilizan	Veces usadas al día	Fabricante	Material	Valores	Duración	Nivel de precisión	Nivel de satisfacción
Fosko	Encargado Control de Calidad	3 veces	Interno y Externo	Plástico y acero	Interno:\$0 Externo:\$200.000	2 años	Baja	Baja
Wenco	Ningun Trabajador	No tienen	No han encontrado	No tienen	Nunca han comprado	No utilizan	No han Comprado	No han Comprado
Cristal Chile	Operario z. fría y z. caliente E. Control de Calidad	572 veces (24 a la hora)	Matrickería Externa	Metal Tirodur Templado	De \$400.000 hasta \$80.000	2 a 10 años	Alta	Alta
Comberplast	Encargado Control de Calidad	11 al día	Por el cliente externamente	Acero	No sabe los compra el cliente	No pierden utilidad, pero cambia el producto	Medio	Medio
Vinilit	Jefe de sector E. Control de Calidad	3 veces (8 a la hora)	Externo	Acero	\$200.000 aprox	1 años	Medio	Medio
Cristalerías Toro	Operario línea	720 veces (30 a la hora)	Internamente y Externo	Pet, Teflon, Tecnil, Polipropileno	\$40.000 aprox.	5 meses	Baja	Baja

# Análisis de datos

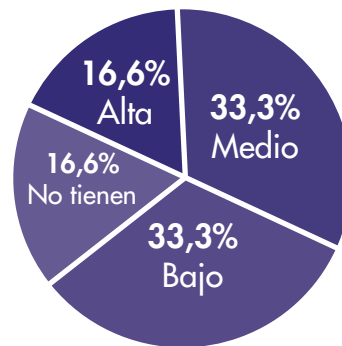
Cuántas veces se utiliza un calibre diariamente



Costo promedio de un calibre fabricado externamente



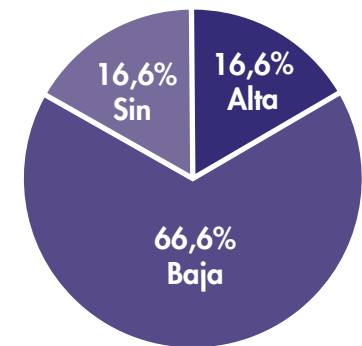
Grado de precisión



Fabricantes



Nivel de satisfacción con calibres actuales









## 6 La Impresión 3D

"Los almacenes van a cambiar cerrándose, cambiándose ahora por un laboratorio del estado de la técnica, donde los nuevos trabajadores están dominando la impresión 3 - D que tiene el potencial de revolucionar la forma en que hacemos casi todo" Barak Obama, Presidente de Estados Unidos ( citado en Groos, 2013).

## 6.1 La Impresión 3D

Las impresoras 3d están cada día más presente en el mundo de la innovación, la cual es una forma de crear un objeto físico a través de un diseño digital. El software toma este diseño digital y lo parametriza en capas, lo que se convierte en instrucciones para que la impresora construya una capa a la vez, transformado así lo que eran sólo datos en un objeto.

Esta máquina fue creada en 1986 por el ingeniero estadounidense Charles Hull, quien posteriormente fundó la empresa 3D Systems, una de las más grandes en impresión 3d en el mundo. Hoy en día existen muchas marcas de todo tipo y para distintas funcionalidades, siendo la más popular MakerBot creada por el neoyorkino Bre Pettis, quien tuvo la brillante idea de simplificar estas fabricadoras, que eran usadas en laboratorios o centro de innovación y llevarlas a las casas (Oppenheimer, 2014).

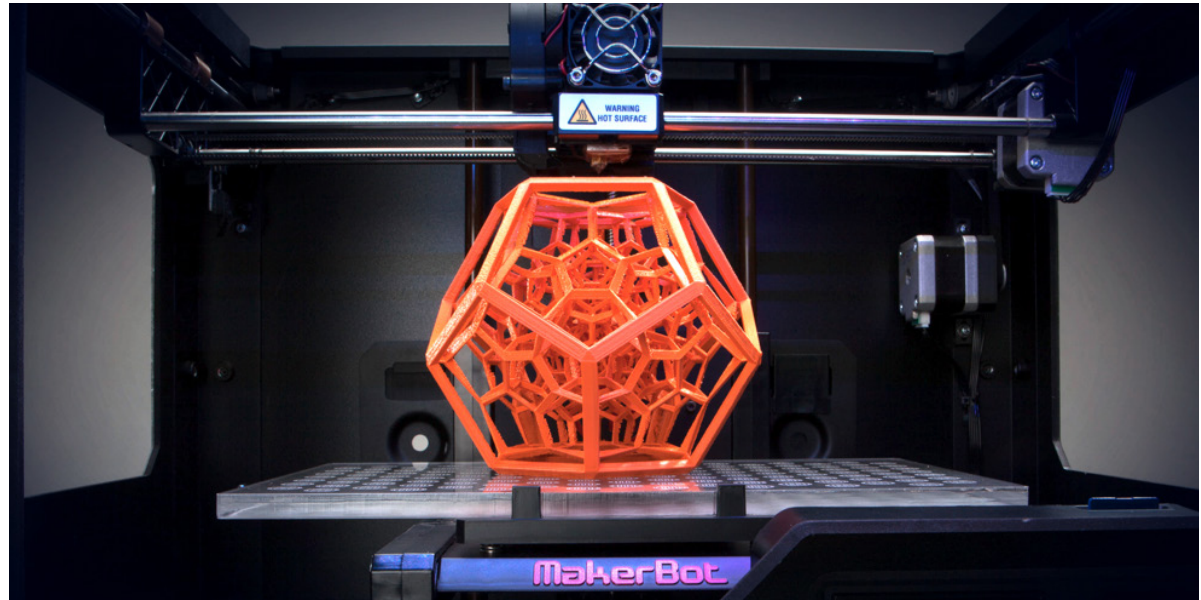


“Las impresoras 3D van a cambiar todo”  
Bre Pettis, fundador de MakerBot  
(citado en Oppenheimer, 2014).

## 6.2 El panorama actual de estas máquinas en el país

Este mercado en Chile se empezó a desarrollar en el año 2012, en espacios colaborativos de trabajo, en los cuales emprendedores pueden crear piezas y prototipos de sus productos. Uno de estos lugares es el Santiago Maker Space, ubicado en Barrio Italia (Jofre, 2015).

**Sin embargo, el problema está en que las impresoras 3d no se están utilizando de gran manera a nivel de producto final,** desperdiciando la posibilidad de crear un producto funcional sin tener la necesidad de crear una matriz, la que tiene un muy alto costo de fabricación, y teniendo la garantía de que cada producto sea distinto al otro, personalizando el diseño específicamente para el usuario que lo va a utilizar.



Impresora 3D imprimiendo, marca MakerBot. Fuente: [www.applaus.com](http://www.applaus.com)



Maqueta a escala. Fuente: [www.stratasy.com](http://www.stratasy.com)



Motocicleta impresa en impresora Stratasys. Fuente: [www.startribune.com](http://www.startribune.com)



Vestido con sistema origami fabricado en impresora 3D Fuente: [www.wired.com](http://www.wired.com)

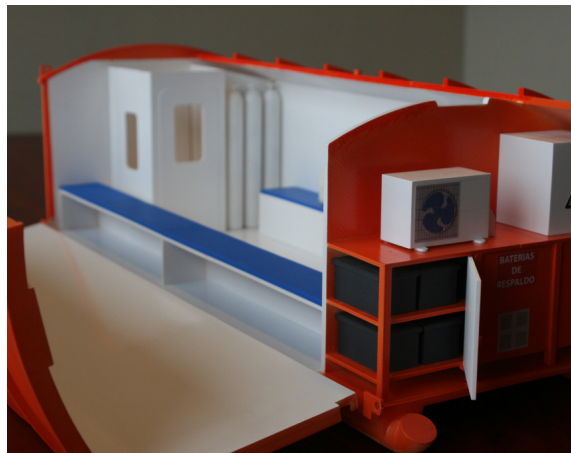
**En la actualidad se están utilizando más para la creación de prototipos o maquetas,** debido a sus beneficios de fabricar los diseños de manera rápida para una etapa previa de la producción en serie, sin la necesidad de construir un molde. De esta manera se pueden prevenir errores de la forma del producto, evitando grandes gastos después de la construcción del molde.

Mauricio Cornejo, fundador de 3D Maker, dijo sobre la utilidad de las impresoras para realizar prototipos:

“El costo es bajo en relación a lo que cuesta hacer una matriz. Por ejemplo, hacer la matriz de una botella cuesta unos \$8 millones sin posibilidad de hacer cambios por el costo que implica hacer un nuevo molde, en cambio imprimir en 3D un prototipo de la misma botella cuesta alrededor de \$150.000”.



Impresora 3D hecha en Chile. Fuente: [www.fayerwayer.com](http://www.fayerwayer.com)

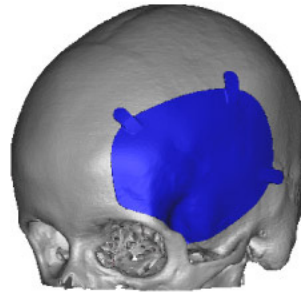


Prototipo refugio minero. Fuente: [www.todo3d.cl](http://www.todo3d.cl)



## 6.3 Innovaciones chilenas en impresión 3D

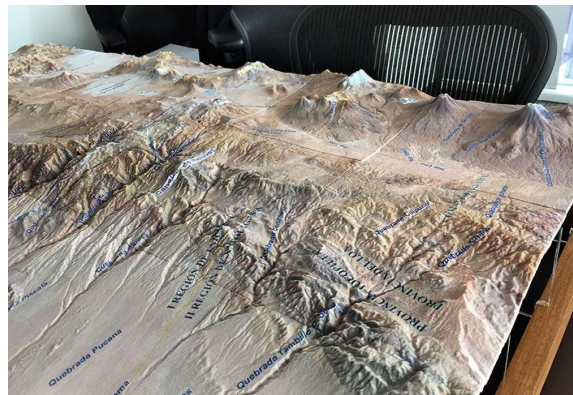
Pero no todos las utilizan para la construcción de prototipos, sino que hay nichos donde sí la están utilizando a nivel de producto funcional. Por ejemplo, la empresa Laboratorios Zahnen, en la que odontólogos partieron hace dos años imprimiendo guías quirúrgicas para implantes y moldes de ensayo, lo que facilita de gran manera su trabajo. También, en la industria de la medicina se han creado prótesis, órganos y huesos a través de la bioimpresión, donde la empresa Protaico es la que lidera en el tema. Por último, está recién partiendo la impresión 3D en el mundo de la minería, con la empresa Fácil 3D, quienes construyen mapas topográficos para dar información de superficie directamente desde imágenes satelitales.



Archivo 3D de prótesis de cráneo. Fuente: [www.protaico.cl](http://www.protaico.cl)



Guía quirúrgica para implantes, de Laboratorios Zahnen. Fotografía propia para el proyecto.



Mapa topográfico para minería impreso. Fuente: [www.nosolosig.com](http://www.nosolosig.com)



Biomodelo máxilofacial impreso. Fuente: [www.dictuc.cl](http://www.dictuc.cl)



## 7 Formulación

“Si es que me pueden solucionar este problema con unos calibre pasa - no pasa, en donde el técnico solo tenga que meter esta pieza y sacarla para comprobar si sus tolerancias están correctas sería una gran ayuda. En vez de gastarse toda una mañana midiendo se demoraría 10 minutos nomas” (Sandoval, comunicación personal, 8 octubre de 2015).

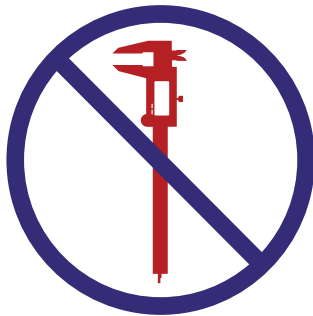


# 7.1 Problemática

Con la información recopilada anteriormente, junto a las visitas y entrevistas a expertos en el control de calidad, se definieron cinco necesidades que generan grandes pérdidas de dinero y tiempo debido a un control de calidad deficiente.

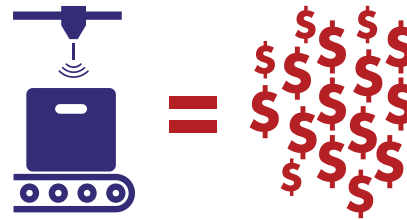
## • Poco precisos

Primero, existe una incertidumbre muy grande al ocupar algunos instrumentos de medición, porque no los saben usar exactamente. El personal no está en condiciones físicas y mentales para realizar el análisis, el operario se cansa luego de un par de mediciones y empieza a hacer un mal trabajo y por último se utilizan instrumentos poco precisos, como el pie de metro.



## • Tecnologías avanzadas de un alto costo

Segundo, los instrumentos de medición más tecnológicos y precisos tienen un alto costo monetario, de muchos millones, lo que hace que no compren tal elemento o compren alguno y se estanquen sin posibilidad de renovación. Por ejemplo, mandar a fabricar a un calibre o comprar uno que muchas veces tienen altos precios pero sólo miden un producto, lo que produce que cuando este se deja de fabricar o se le hace un cambio, el calibre pierde su funcionalidad.



## • Pocos fabricantes de calibres

Tercero, existen pocos fabricantes de calibres que brinden la confianza de su precisión y tolerancias. Si es que los hay, el sistema de mandar a fabricar es lento, trabado y costoso, lo que es una pérdida de tiempo para los encargados de controles de calidad.

## • Calibres fabricados internamente

Cuarto, las industrias debido a la necesidad de tener un control específico por atributo se crean en sus propias fábricas calibres para realizar la inspección. Pero estos muchas veces son de poca precisión, por lo que produce grandes rechazos por parte del cliente.



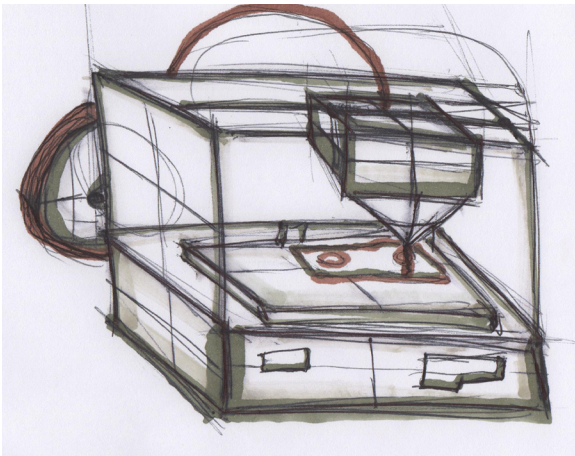
## • Calibres sin diseño

Quinto, los actuales calibres que se utilizan en la industria no tienen un diseño ergonómico y funcional por su forma, material y peso, dificultando la inspección en línea de parte del operario.



## 7.2 Formulación de proyecto

A partir de las necesidades anteriormente redactadas, en busca de mejorar el control de calidad en unión con la innovadora tecnología de impresoras 3d se crea la oportunidad de diseño.



Sketching visualizador propio del proyecto

### Qué

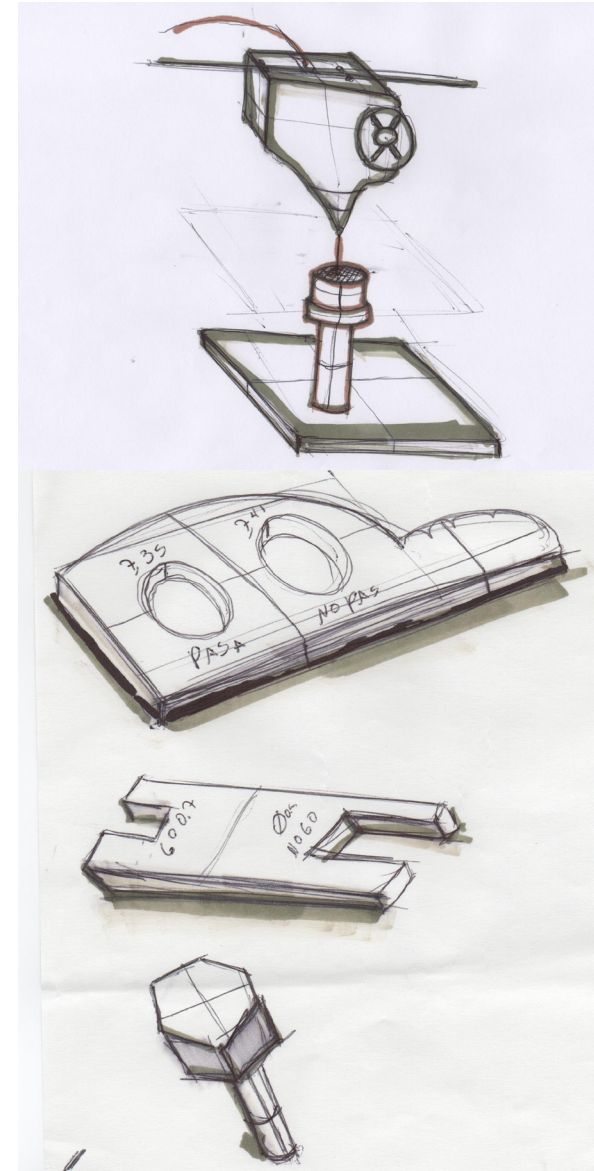
Es un servicio que a través de tecnología de impresión 3d desarrolla calibres de alta precisión y ergonomía para el control de calidad de partes y piezas en la producción en línea.

### Por qué

En el control de calidad industrial existe una carencia de instrumentos especialmente diseñados para la medición física por atributo de las distintas producciones. En consecuencia, esto genera grandes cantidades de productos con errores y una gran pérdida de tiempo y desgaste de los operarios por mantener los productos con las dimensiones correctas.

### Para qué

Para aumentar la cantidad de mediciones en el tiempo real de producción, verificando si es que el producto cumple con sus límites de tolerancia por atributo y si es que la máquina está funcionando de buena manera con sus unidades de temperatura, agua y velocidad en correcto estado.



Sketching visualizador propio del proyecto



## 7.3 Objetivos

---

### Objetivo General

Mejorar y aumentar el proceso de control de calidad por atributo en las distintas fases de producción de las industrias, a través de una gran variedad de instrumentos personalizados para cada fábrica.

### Objetivos específicos

- **Crear** instrumentos específicos para la medición de los atributos de los productos de cada industria, y así aumentar la inspección, disminuir los errores de calidad y devoluciones por parte del cliente.
- **Bajar los costos** de la fabricación de calibres para tener la mayor cantidad y variedad de ellos, tanto en las líneas de producción, como en los laboratorios.
- **Mejorar el servicio** de fabricación de calibres, creando un sistema que no sea un gastadero de tiempo para la fábrica y que los instrumentos realizados sean de máxima precisión, cumpliendo con las tolerancias.
- **Diseñar** calibres ergonómicos y funcionales pensados en la situación en que se utilizan estos instrumentos, ayudando a un mejor control de calidad desde el material hasta su forma.



## 7.5 Usuario final

Más adelante se definirá qué industria objetiva es la que abarca el proyecto, pero la idea además contempla dos usuarios finales del producto/servicio en sí, debido a que tiene dos acciones principales. Primero, está el que interactúa con el servicio de fabricación y recambio de calibres, que en es el encargado general del control de calidad o un asistente del control de calidad que se preocupa de mandar a realizar los calibres y luego entregárselos a los operarios de cada línea de producción. Segundo, está el que utiliza en las líneas de producción el instrumento, es decir, quien realmente interactúa con el producto a diario, con su diseño y su información, por lo tanto es con él con quien se debe estudiar la ergonomía.

### Usuario primario comprador

Estudios  
Ingeniero o técnico en ingeniería

Rango de edad  
40-70 años

Trabaja 50% en la planta  
y 50% en su oficina frente  
a un computador

### Usuario secundario utilizador

Estudios  
Enseñanza básica

Rango de edad  
18-60 años

Trabaja 100% su  
línea de producción.

*Operario de Cristal Chile revisa a contraluz la pureza y simetría de la producción. Fotografía propia para el proyecto.*



## 7.6 Antecedentes

# KEYENCE



### Keyence

Es un proveedor de automatización industrial, líder en sensores, sistemas de medición, marcadores laser y visión artificial, de una alta tecnología.



### GreCon-online Thickness Gauge

Instrumento automático de revisión del espesor de una producción de planchas.



### GAGEtrak

Es un software de gestión de calibración, el que permite manejar mejor la carga de trabajo, minimizar costos, mantener programas de producción y asegurar la aprobación del cliente.



### Ultrasonic Gauge

Es un instrumento de medición para la investigación no destructiva del espesor de un material utilizando ondas ultrasónicas. Es utilizado en la fábrica Wenco.



### Calibrador de tomate

Calibre manual para la normalización del tomate para que sea utilizado por el agricultor, verificando dentro de que tipo está la verdura.



### Calibre quesillo Quillayes

Calibre fabricado internamente por la empresa Fosko para controlar el borde externo del envase de quesillo.



### GAGEtrak

Juego de 20 galgas de espesores de acero, teniendo desde 0,05 hasta 1,0 mm yendo de 0,05 en 0,05.



### Pie de metro digital

Instrumento de medición manual muy preciso, pudiendo medir hasta 0,01 mm. Sin embargo, ha tenido varios problemas de exactitud por la presión de la mano y la dirección del pie de metro al inspeccionar.





## 7.7 Referentes



### Radio Braun 1955

Se destaca de este producto para el proyecto su minimalismo y su forma de guiar al usuario intuitivamente para su uso correcto, a través de pequeñas señales geométricas.



### Amazon

Se destaca de este servicio para el proyecto, ser unos de los mejores servicios de ventas de productos de todo tipo vía web, realizando despachos a todo el mundo de una manera muy rápida, efectiva y segura.



### Zapatos Crocs

Se destaca de este producto para el proyecto, su monomaterialidad, ya que a través de un solo material logra crear un elemento muy completo y útil, sin necesitar de otros elementos que se adhieran a ella.



### One Laptop Per Child

Se destaca de este producto, diseñado por la agencia de diseño Fuseproject, para el proyecto su idea de que cada computador sea distinto al otro, porque cada usuario es distinto. Teniendo hasta el símbolo del frente único por cada computador.



### Ganymed Walkin AID

Se destaca este producto para el proyecto por su simpleza de estructuración y sistema de repartición de fuerza, ya que a través de pequeños pliegues verticales hace de una pieza muy liviana y ergonómica.



### Las Aspiradoras Dyson

Se destaca de este producto para el proyecto, la forma de mostrar en un objeto habitual casero, un diseño innovador y tecnológico a través de su forma, materialidad y colores, creándose así una pieza de tecnología en un rubro donde todo era más tradicional.





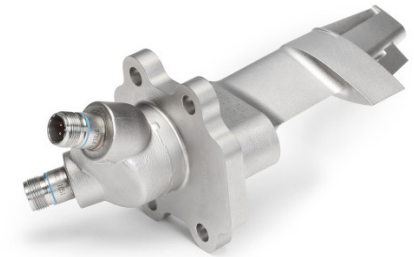
### Harman/Kardon isub subwoofer

Se destaca de este producto para el proyecto, diseñado por Jonathan Ive, su manera de mostrar un objeto que te impresione por su forma y materialidad siendo a la vez muy funcional.



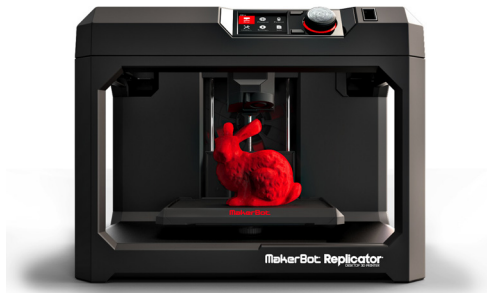
### Packaging Appel Iphone 6

Se destaca de este producto el packaging del proyecto, la forma de mantener el objeto seguro en su transporte y además mostrar calidad del producto, siendo una experiencia abrir esta caja.



### Pieza de Avión impresa en 3D

Se destaca de este producto para el proyecto, demostrar que gracias a la impresión 3d se puede llegar a un nivel de precisión muy alto y de calidad para un producto final, siendo este la primera pieza impresa en 3D autorizada para ser montada en un avión.



### MakerBot

Se destaca de este producto para el proyecto, la idea de querer llevar la impresión 3D a otros lugares no comunes, como lo es el hogar, simplificando esta máquina para que todos tengan acceso a hacer lo quieran.



### Botón de emergencia

Se destaca de este concepto para el proyecto, la idea de un objeto utilizado para casos de máxima necesidad, en lo que es fundamental que la respuesta sea lo más rápida posible. Este es un servicio que se le podría brindar a las industrias, para la impresión de algún instrumento.



## 8 Desarrollo del proyecto

“Ahora que una empresa me diga yo puedo hacer los pasa no pasa con un material más económico, con el mismo uso y la resistencia. Eso yo no lo había escuchado nunca. Estos son más livianos y si le pasa algo yo te puedo mandar a hacer tres o cuatro de estos por el precio de uno inoxidable” (Pulgar, comunicación personal, 12 abril de 2016).



## 8.1 Mercado

Para definir cuáles serían los futuros clientes del proyecto y hasta dónde se podría abarcar la necesidad descubierta, se entró a investigar el mercado global de industrias chilenas, a través de estadísticas del Instituto Nacional de Estadísticas (INE) y del Sistema Impuestos Internos (SII). Se verificó la cantidad de pequeñas, medias y grandes industrias que existen en el país y qué está comprendido dentro del marco de las industrias.

Siempre ha existido la duda sobre la diferencia entre Producción Industrial y Producción Manufacturera, ya que en muchos libros y estudios se nombran los dos términos. A la hora de definir el mercado de este proyecto esto debe estar claro. Por lo tanto, se realizó una consulta privada vía mail al INE sobre cuál es la diferencia entre estas y la respuesta fue:

**Producción Industrial:** es la actividad productiva de los sectores industriales, es decir, industrias mineras, manufactureras y de generación y distribución de energía eléctrica, gas y agua.

**Producción Manufacturera:** es la producción física fabricada por establecimientos o plantas de procesos que componen las distintas actividades económicas de esta industria.

Por lo tanto, el rubro que abarca el proyecto no es industrial, sino que está enmarcado en el mundo de la manufactura, ya que la idea es mejorar el control de calidad de las producciones, teniendo la necesidad que el cliente tenga algún tipo de producción física.



*Producción tubería eléctrica, planta Vinilit San Bernardo. Fotografía propia para el proyecto.*

Es necesario aclarar que dentro del sector industrial existen tres categorías y sus ponderaciones son:

- **Explotación de Minas y Canteras:**  
**52,2%**
- **Industrias Manufactureras:**  
**37,89%**
- **Suministros de Electricidad, Gas y Agua:**  
**9,91%**

Estos porcentajes le otorgan una gran importancia al sector manufacturero, ya que corresponde casi al 40% del sector industrial. Por su parte, el Servicio de Impuestos Internos (SII) data que de todas las empresas oficiales de Chile sólo hay registradas 96.181 industrias manufactureras inscritas, con un total de ventas por sobre los 4.000 millones de UF y con 1.150.119 de trabajadores en este sector (Data de las

estadísticas del año 2014).

A la vez la manufactura tiene muchas aristas, ya que se subdivide en distintas partes, las que son nombradas por el Instituto Nacional de Estadísticas en el Índice de Producción Manufacturera. Estas son:

- Fabricación de productos alimenticios
- Industrias de bebidas
- Industria del tabaco
- Fabricación de textiles
- Fabricación prendas de vestir, excepto calzado
- Industria del cuero: producción de cuero y sucedáneos
- Fabricación de calzado, excepto de caucho o plástico
- Industria de madera y sus productos excepto muebles
- Fabricación de muebles y accesorios, excepto metálicos
- Fabricación de papel y productos de papel
- Imprentas, editoriales e industrias conexas
- Fabricación de sustancias químicas industriales
- Fabricación de otros productos químicos
- Refinerías de petróleo
- Fabricación productos derivados de petróleo y carbón
- Fabricación de productos de caucho
- Fabricación de productos plásticos ncp
- Fabricación de objetos de loza y porcelana

- Fabricación de vidrio y productos de vidrio
- Fabricación otros productos minerales no metálicos
- Industrias básicas de hierro y acero
- Industrias básicas de metales no ferrosos
- Fabricación productos metálicos exc. maquinaria y equipo
- Construcción de maquinaria, excepto la eléctrica
- Construcción máquinas, aparatos y accesorios eléctricos
- Construcción de material de transporte
- Fabricación. equipo profesional y artículos oftálmicos
- Otras industrias manufactureras

Con esto se puede apreciar que no toda la industria manufacturera puede ser parte del mercado del proyecto, ya que existen muchos nichos que no necesitarían el servicio porque no requieren de un control de calidad enfocado en los atributos físicos. Por ejemplo, el nicho de la fabricación de sustancias químicas que producen productos que el valor no es la forma sino que es el mismo compuesto del material o líquido.

Por otro lado, existen los que si producen productos volumétricos pero estos no requieren de un control de calidad tan sustantivos de la forma, ya que sus productos son de un uso muy simple sin la necesidad de calce con otras piezas. Estos son productos de una pieza básica y no importa si es que la producción varía en su forma. Por ejemplo, "Icoplast" produce bolsas plásticas y lo que importa es que la impresión se logre de buena manera, pero que las bolsas estén un poco más grandes o un poco más pequeñas no es

relevante, por lo tanto el atributo de su producto no es relevante.

Muchas empresas como Icoplast realizan un control de calidad más básico, el cual es llamado dentro del mundo industrial como control visual y trata de tomar algunas muestras de la producción y mirarlas por todas su partes para darse cuenta de defectos que tiene que ver con funciones visuales que no son muy detalladas ni necesitan de un rango de precisión.

Además, existen otros tipos de industrias que estarán fuera del mercado del proyecto porque son muy pocas en Chile y superan las expectativas del proyecto, ya que requieren de un control de calidad muy exhaustivo y exacto. Estas requieren y tienen para su producción una tecnología e instrumentos de calibración de altísimos costos y exactitud, como maquinaria automatizada que va revisado a través de laser infrarrojos las formas de sus productos en la línea producción uno por uno.

Desde un punto de vista cuantitativo existen productos que requieren una inspección hasta la décima de milímetro, como por ejemplo el bidón de Wenco, que su tolerancia en el diámetro del gollete es entre 66,6 milímetros hasta 70,2 milímetros. Existen otros que necesitan aun mayor precisión y en Chile son muy pocas manufactureras que requieren tal nivel de exactitud. Una de ellas es Asmar, astillero y maestranza naval que necesita en sus piezas una precisión hasta la centésima de milímetro, por ejemplo en el grosor de su hélice su tolerancia podría ser entre 100,56 y 100,61 milímetros.

Los calibres diseñados para este proyecto son de una precisión que sólo alcanza hasta la décima, teniendo la ganancia de no crear instrumento de altí-



simos costos, como lo hace CritalChile que invierte \$400.000 por cada instrumentos. Estos llegan hasta la centésima, por lo que tienen más de 300 piezas.

El encargado general de Control de Calidad de Vinilit explicó que en Chile existen muchas medianas industrias, las cuales son el gran público objetivo del proyecto, ya que no tienen una exactitud tan alta en sus productos ni tampoco en su producción, por lo tanto no necesitan de instrumentos de medición tan precisos.

*“Es que hay empresas que son muy grandes, a ti lo que te interesa son las empresas chilenas medianas, como Fosko, plásticos Burgos, Plasval, todos los plásticos que hay. Tienes que tener claro que cada fabricante le fabrica productos a otro, como por ejemplo Fosko le fabrica 1000 marcas Burgos, a otras 1000 y así” (Pulgar, M. Comunicación personal. 12 abril de 2016).*

Por lo tanto, el mercado queda reducido entre las industrias que son llamadas medianas alta industria, las que son la mayoría del país, quedando excluidas las industrias de gran magnitud, que son menos de diez y las que realizan solamente un control visual, es decir, las casi artesanales.

Por otro lado, para ver cuantitativamente el rango de error en la misma producción se sometió a un estudio un producto específico de una industria mediana, la elegida para el testeo general Vinilit. Junto al equipo de metrología de una de las empresas más importantes en certificación industrial Cesmec -quienes son expertos a través de su personal y sus instru-



Línea de producción Cristal Chile planta Padre Hurtadoz. Fotografía propia para el proyecto.



Producción tubería de agua lluvia, planta Vinilit San Bernardo. Fotografía propia para el proyecto.

mentos de alta medición de entregar numéricamente el rango de variación de diferentes instrumentos externos- se realizó una medición de tres productos elaborados en PVC.

## Mercado específico

El estudio arrojó como resultado que los tres productos tienen una variación muy alta en sus medidas, donde la más alta en su dimensión por atributo es de 1,10 milímetros (lo cual es muy alto) y la menor variación es de 0,27 (sigue siendo alto para un producto manufacturado que uno considera perfecto).

Esto deja en claro y en evidencia que existe una gran cantidad de industrias que su producción no es exacta y sus atributos varían por sobre la décima de milímetros, estando siempre al límite entre lo correcto e incorrecto. Esto demuestra la gran necesidad de un control de estas medidas.

Tal como dijo el encargado general de Metrología de Csmec Francisco García:

“Estos productos tienen una gran variación a la décima de milímetro, por lo tanto no necesitan de un instrumento que sea tan preciso que verifica a la centésima, ya que su rango de error es más grande. Debido a esto los calibres plásticos que realiza este proyecto son más que suficientes para este tipo de industria”.

### Tapa Hidráulica 50

#### Resultados Inspección Csmec

ØTolerancia	Ø1 90°-270°	Ø2 0°-180°	Ø3 45°-225°	Ø4 135°-315°	Promedio (mm)	Diferencia (mm)	Incertidumbre
<b>50,0-50,3</b>	50,19	50,46	50,25	50,27	50,29	0,27	0,02

### Codo aguas lluvias 80

#### Resultados Inspección Csmec

ØTolerancia	Ø1 90°-270°	Ø2 0°-180°	Ø3 45°-225°	Ø4 135°-315°	Promedio (mm)	Diferencia (mm)	Incertidumbre
<b>80,0-80,3</b>	79,83	80,93	80,25	80,63	80,41	1,10	0,02

### Canaleta aguas lluvia 80

#### Resultados Inspección Csmec

ØTolerancia	Ø1 90°-270°	Ø2 0°-180°	Ø3 45°-225°	Ø4 135°-315°	Promedio (mm)	Diferencia (mm)	Incertidumbre
<b>80,0-80,3</b>	79,87	80,31	80,13	79,76	80,02	0,55	0,02

Para finalizar estudio de mercado, determinar el número y cuáles eran las tipologías de producción específicas que necesitaban los calibres de medición personalizados impresos, se recurrió a la Sofofa (Sociedad de Fomento Fabril) que vincula todos los gremios nacionales de cada sector industrial chileno profesional, verificando cuáles nichos productivos manufactureros tienen la necesidad de un control de calidad por atributo de su producción.

Se concluyó que el proyecto podría abarcar seis nichos manufactureros, pudiendo de esta manera obtener el número de cuánto sería el mercado total de industrias para el proyecto.

Manufacturaras	Cantidad	Gremio
Productos derivados de polímeros	190	Asipla
Proveedores de la minería	103	Aprim
Productos elaborados en metal	240	Asimet
Cerramientos de edificaciones en pvc, vidrio y aluminio	32	Achival
Productos en vidrio	3	
Productos de madera	180	Corma
<b>Total</b>	<b>748</b>	

# Estadísticas de producción rechazada

Porcentaje mayor de rechazo en turnos de cada día

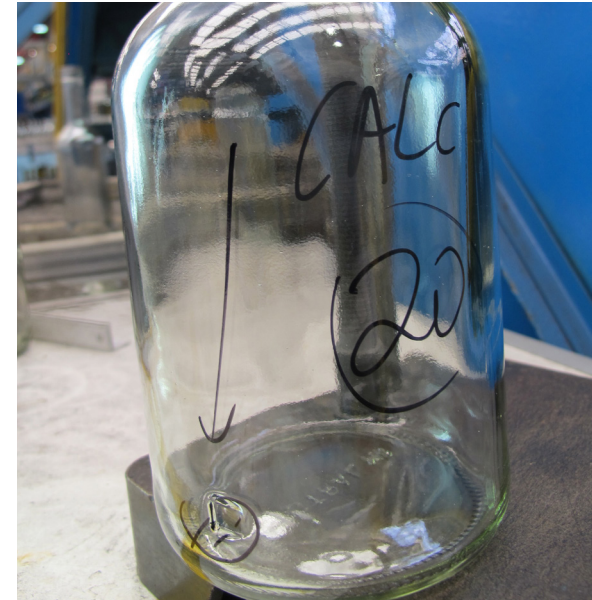
Para verificar cuál era el rango de pérdidas dentro de las industrias se tomó como referencia la industria de tuberías Vinilit, la cual se abrió, con la promesa de ser confidencial la información, a entregarnos sus rechazos de producción en un cierto rango de tiempo. En el sector de extrusión (donde realizan las tuberías) se muestran 9 días de producción y en el sector de inyección (donde hacen las piezas de fittings) 7 días.

Además, el encargado general de Control de Calidad de Vinilit, Marcelo Pulgar, sostuvo que ellos aceptan un cierto porcentaje de rechazos por producciones, ya que siempre hay un rango de error. Por ejemplo, en inyección es aceptado hasta un 1,5% de rechazos, sobre ese número hay un gran problema. En cambio en extrusión, que es un sistema de fabricación más variable y por lo tanto genera mayores pérdidas, tiene un límite de rechazo de un 5%.

Muchas veces hay una mayor cantidad de pérdidas y de haberse dado cuenta a tiempo mediante de un calibre, ese porcentaje podría haber bajado sustancialmente. Así sucedió el día 6 de la extrusión en el que el rechazo llegó hasta un 16% y eso es debido a que algún par de productos se produjeron mucho tiempo con errores, dándose cuenta después de varias horas que la producción no se estaba realizando de manera correcta. Esto podría haberse corregido con anterioridad y ese porcentaje sería mucho menor.



Producto rechazado por faja de atributo, Vinilit.  
Fotografía propia para el proyecto.



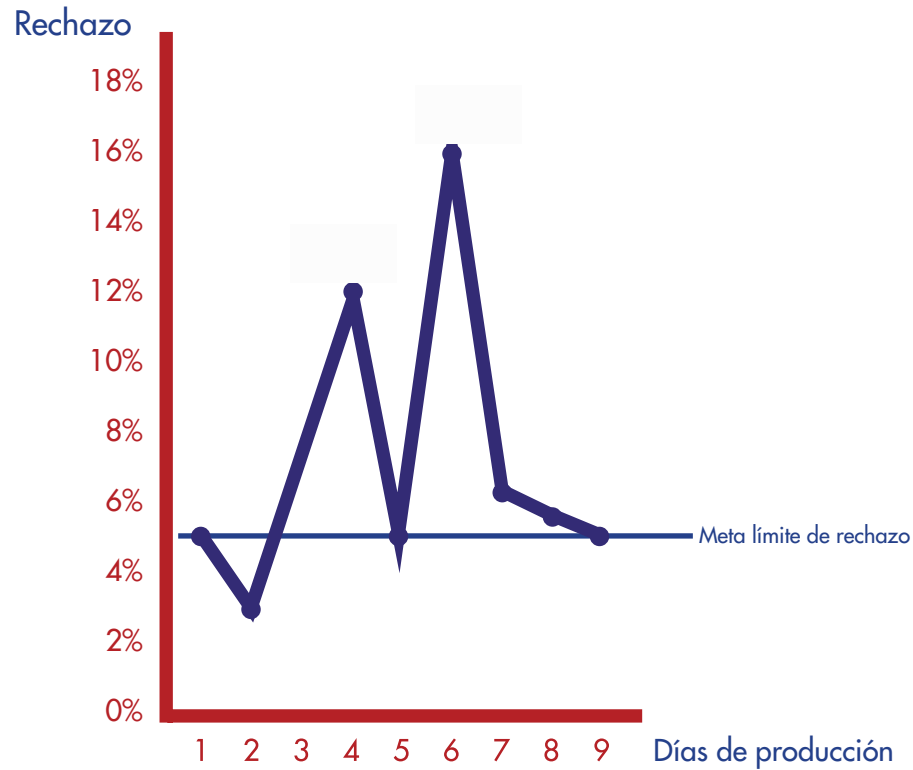
Producto rechazado por faja de atributo, Cristal Chile.  
Fotografía propia para el proyecto.

**“Si es que me logran bajar aunque sea un 1% de esa cantidad de rechazos de producciones es un gran logro”** (Pulgar, M. Comunicación personal. 12 abril de 2016).

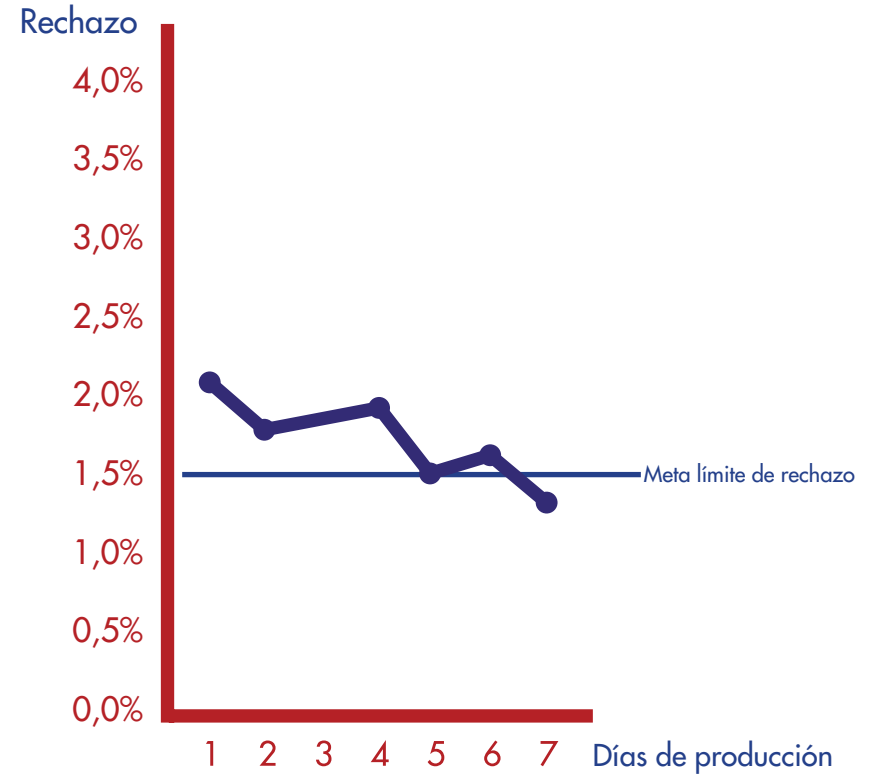
# Estadísticas de producción rechazada

Porcentaje mayor de rechazo en turnos de cada día

## Sector extrusión



## Sector inyección





## 8.2 Competencia

Dentro de las manufactureras siempre ha existido la necesidad de controlar los atributos por medio de instrumentos de medición. Sin embargo, estas herramientas se han desarrollado de una manera poco profesional, en lugares de fabricación no especializados en calibres y sin ninguna experiencia sobre el tema, sin poder solucionar los problemas de control de calidad de una manera completa y eficiente.

*“El pasa - no pasa ha existido siempre, pero estos instrumentos se mandan a fabricar desde un laboratorio de control de calidad que lo manda a hacer por las suyas. Yo hablo con alguien que me corte un pedazo de fierro, me lo tornea y tengo mi calibre, pero el fabricante no se especializa en hacer estos instrumentos” (Pulgar, M. Comunicación personal. 14 abril de 2016).*

Existían muchas dudas sobre las competencias del proyecto, como por ejemplo:

**¿En dónde mandaban a fabricar los calibres?**

**¿Cuál era el costo de estas piezas?**

**¿En qué consisten estos fabricantes, cuál es su especialidad y su método de servicio?**

**¿Qué materiales usan?**

**¿Se les puede mandar a fabricar cualquier pieza, de cualquier forma?**



Calibre inoxidable de diámetro interno usado actualmente en Vinilit.  
Fotografía propia para el proyecto.



Calibre inoxidable Pasa No Pasa usado actualmente en Vinilit.  
Fotografía propia para el proyecto.





## Estudio de fabricantes de calibres

Hasta ahora muchas de las industrias se encuentran disconformes con los actuales sistemas de fabricación de calibres, algunas por el alto costo, otras por la falta de un servicio profesional en este tema, otras por la materialidad y por último por la entrega de instrumentos poco precisos.

Es por esto que para verificar cuál era la diferencia del proyecto con los actuales sistemas de fabricación y de verificación se realizó un estudio comparativo de las competencias.

Se mandó a cotizar dos modelos de calibres con medidas falsas. Por un lado uno de inserción con forma circular y sin una base. Por el otro, uno de contacto totalmente plano. Luego, se solicitó una cotiza-

ción a cada una de las competencias, las cuales eran talleres mecánicos de diferentes tipos de fabricación, uno de una tornería manual, otro de una tornería programada, el siguiente de un fresado CNC y el último la alternativa cuando no se utiliza calibres: un pie de metro digital.

Empresa	Sistema de fabricado	Precio	Contacto	Precisión	Servicio	Rapidez presupuesto	Planificación
Tornería Medel	Torno 	\$5.000 	Telefónico	Baja	Solo acero y piezas ciculares	Al instante	Dimensiones
Tornería JR	Torno 	\$18.000 	Telefónico y vía mail	Media	Solo acero y piezas ciculares	3 días hábiles	Plano
Matrickeria Mac	Corte CNC 	\$125.000 \$225.000 	Telefónico y vía mail	Alta	Acero templado y toda forma	2 días hábiles	Plano
Pie de metro digital Mitutoyo	Produccion Industrial 	 \$124.000	Tienda	Media	Instrumento estandar	1 hora	

## Resultados

Los resultados demostraron varias diferencias entre cada una, además de muchas trabas en distintos puntos:

**Tiempo de entrega:** el servicio no funciona como una tienda de entrega de calibres, sino como un taller que les hace el favor de crearles estas piezas, por lo tanto estos lugares se toman su tiempo en la fabricación y luego existen trabas para el despacho de las piezas.

**Precisión:** muchos lugares no tienen la precisión necesaria para instrumentos de verificación, lo que se traduce en producciones con errores. Otros si tienen una presión muy alta que sobrepasa lo necesario para el tipo de productos que se está verificando.

**Materiales:** los materiales utilizados son forzados para este uso, ya que son pensados para una funcionalidad más estática, como una pieza de inyección o una estructura sólida, teniendo cualidades que hacen del instrumento más deficiente. Son muy pesados, se oxidan, son poco manipulables y muy atractivos para robar, ya que tienen mucho valor para su post venta.

**Forma:** debido a que utilizan sistemas de fabricación que son para cierto tipo de geometría estructura la forma del calibre a ese método de fabricación particular. Por ejemplo, el torno para piezas cónicas hace que no se puedan realizar calibres de forma plana.

Torno CNC, marca CMZ Fuente: [www.cms.com](http://www.cms.com)



**Costos:** el precio varía mucho, ya que entre más sofisticada y precisa sea la pieza más costosa es. Esto produce que las industrias inviertan altos montos en calibres que no tienen la funcionalidad requerida y al final son poco usados.

Sin embargo, la deficiencia que más se repite entre las competencias del proyecto es la **estructuración en su método de fabricación**, ya que estos deberían tener cualidades que incentiven su uso, como ser instrumentos livianos, ergonómicos, con formas aptas para en cada situación industrial y de poca utilidad fuera de la industria, para así evitar sus robos. En cambio, los talleres estudiados entregaban calibres en una forma geométrica que no

ayuda a su utilización o sólo permitan el uso de materiales metálicos, siendo este un componente negativo para la revisión.

Todo esto dejó en claro las ganancias de la fabricación 3D, ya que este método no tiene ningún límite de forma, creando así productos más ergonómicos y trabajando con materiales más manipulables en el momento de la inspección, ya que son más livianos que el metal y son más funcionales para revisar. Se pueden crear instrumentos que fomenten la revisión de calidad y no como los otros que debido a su forma y peso disminuyen la motivación a inspeccionar.

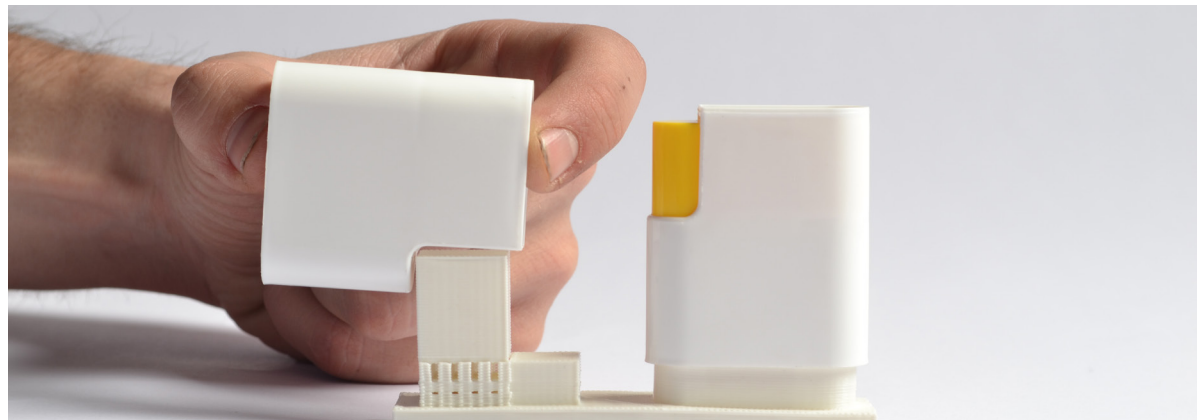
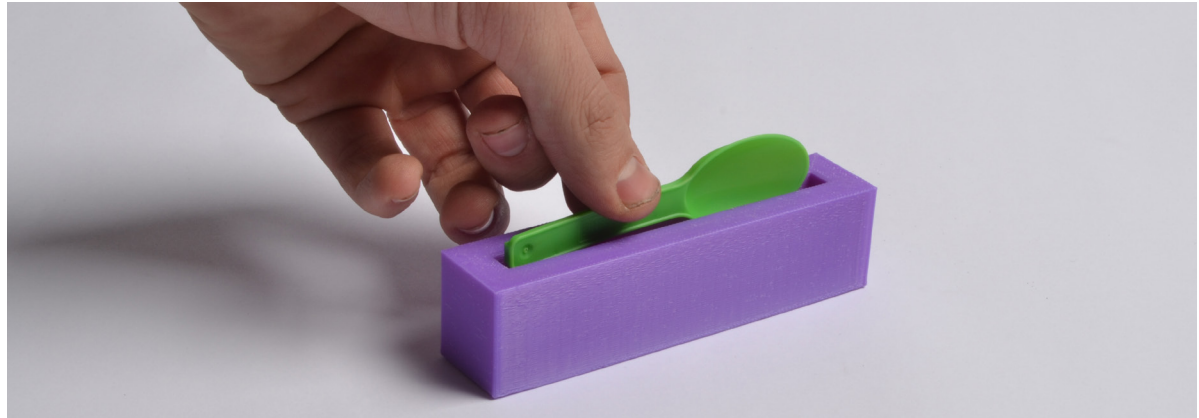
## 8.3 Metodo de fabricación

El método de fabricación es una de las etapas más importante del proyecto, ya que corresponde al estudio sobre qué herramienta es la que mejor colabora para lograr un mejor calibre personalizado. Es por esto que se determinó que la tecnología a usar para construir estos instrumentos va ser la impresión 3D, por su capacidad de crear a través de un modelo digital tridimensional, de cualquier forma, un objeto volumétrico, real de igual tamaño y medidas que lo modelado digitalmente a través del computador.

En un comienzo se partió utilizando la impresora MakerBot, debido a que era de la que más se hablaba en los medios de comunicación y la llamaban la revolucionaria impresora 3D.

La Makerbot (2009) es una de las impresoras más nuevas en el mercado, creada por uno de los emprendedores más revolucionarios de la época, Bre Pits. Esta busca simplificar el sistema de impresión, para que cualquier persona pueda imprimir y en un futuro soñado todos en sus casas tengan una e impriman sus objetos necesarios diariamente, sin necesidad de ir a una tienda a comprarlos. Su público objetivo es las personas que quieren un “desktop printing”, es decir, una impresora para el hogar. Sus inicios comenzaron cuando crearon una impresora DIY (do it yourself) donde a través de una página web y de manera gratuita se podían descargar los planos y los instructivos, para que estés donde estés en el mundo puedas crear tu propia impresora 3D.

Luego, fue comprada por la marca StratasyS en el año 2013, sin perder el nombre de MakerBot, lo que



Primeros calibres realizados, para Fosko impresos en maquina Makerbot. Fotografía propia para el proyecto.

la ayudó a crecer mucho como marca y con máquinas hechas por ellos mismos, posicionándolos dentro de las más importantes de la historia de la tercera revolución industrial.

En un principio, usar esta impresora para la creación de calibres de medición dio buenos resultados para el proyecto, por lo que parecía fácil esta etapa.

Sin embargo, unos calibres impresos en una MakerBot fueron rechazados por la empresa de packaging plásticos Fosko, debido que no tenían ni la calidad constructiva ni tampoco la precisión en sus dimensiones. Esto nos hizo ver que el tema de cómo imprimir estos instrumentos no era tan fácil, sino que debía ser estudiado muy detalladamente y tomar en cuenta cada uno de sus factores. ([www.all3dp.com](http://www.all3dp.com))

Se llegó a la conclusión de que la impresora MakerBot es para casos de prototipado de cosas visuales o de un rango de precisión bajo y no como producto final, ya sus dimensiones no son exactas, ni tampoco la definición de su volumen es simétrica.

Fosko informó que los calibres no son cualquier pieza, sino que son instrumentos de laboratorio altamente precisos, los cuales no sólo deben imitar la pieza de un producto sino mostrar el rango de tolerancia de los planos. Además, deben tener estudiado su durabilidad, el comportamiento de su material entorno al roce y a la dilatación en sus variadas temperaturas.

En consecuencia, se empezó a investigar sobre sistemas de impresión 3D altamente precisos y que dieran excelentes resultados en torno a la resistencia, a la homogeneidad de sus dimensiones y la igualdad del modelo digital pasado al modelo real. Es así como se descubrió la marca de impresoras Stratasys.

**Stratasys** es la marca más antigua de impresoras del mundo, nacida en 1989. Su primer objetivo al momento de crearse fue la fabricación de una rana de juguete, lo que luego la llevó a convertirse en una de las empresas más importantes en este rubro, catalogándose como impresoras 3D industriales o profesionales y no como la anterior MakerBoto, las que son catalogadas y diseñadas como impresoras “Desktop”, es decir, para el hogar o para prototipos básicos.

Ahora, Stratasys tiene una alta gama de máquinas que realizan productos funcionales para industrias, como las del automovilismo, la aeroespacial, la medicina, etc, convirtiéndose en el líder mundial en 3 tipologías de la impresión: la precisión de sus resultados, crear productos tan únicos siendo capaz de reemplazar la producción industrial en serie y por último

ser experta en la creación de piezas dentales. (All3dp.com, Tomás Vivanco)

Se descubrió que en el mundo de las impresiones existen **dos sistemas de impresión**, con diferentes características. Estos son especificados por la compañía experta en impresión 3d y en guiamiento de Estados Unidos Engatech como:

**FDM:** significa Fused Deposition Modeling y consiste en el derretimiento de material termoplástico a un estado semilíquido en forma de hilo dibujando una capa sobre otra. Este sistema sirve para piezas de uso final, que necesitan resistencia a la fuerza y a los golpes.

**PolyJet:** dispara líneas de un material líquido que luego son solidificadas a través de un sistema de luz UV. Esto permite mezclar en la misma línea líquida distintas texturas y colores, lo que da como resultado final un excelente acabado que no necesita de un tratamiento adicional. Este sistema sirve para cuando se quiere representar un objeto que tiene multi materialidades, texturas y colores.

*Producto realizado con maquina Stratsys con sistema PolyJet.  
Fuente: [www.objective3d.com.au](http://www.objective3d.com.au)*

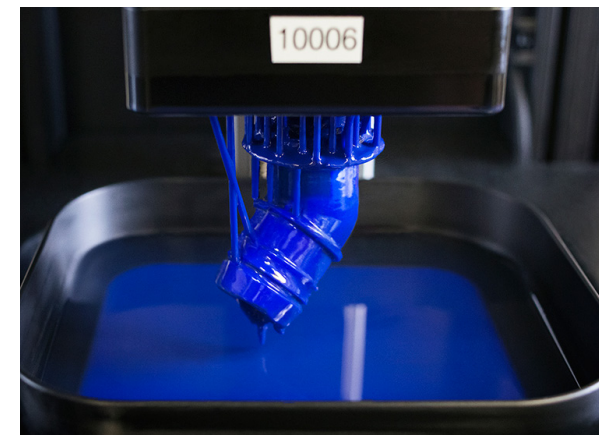


Para el proyecto se eligió el sistema de impresión FDM, debido a la necesidad de crear productos resistentes al desgaste y a los golpes, con volumen uniforme y simétrico, sin tener obligación de que sea un elemento estéticamente bonito, con diferentes colores y texturas.

Se partió imprimiendo en la **Stratasys Dimension BST 768**, la cual es una máquina muy antigua de afines de los 90, pero que tiene una muy buena precisión y exactitud en torno a sus medidas.

Se realizaron pruebas de calibres para la empresa Vinilit, desarrollando un elemento para controlar el diámetro de un tubería de regadío, el cual fue impreso en un material ABS (más adelante se explicará la cualidad de este polímero). Aprobando la industria el instrumento de verificación e integrándolo a su sistema de producción. Esto les brindo positivos resultados, lo que ya era un gran avance para el proyecto y manifestaba que este sistema de fabricación era viable.

*Sistema de fabricación PolyJet ultravioleta en producción.  
Fuente: [www.3ders.org](http://www.3ders.org)*





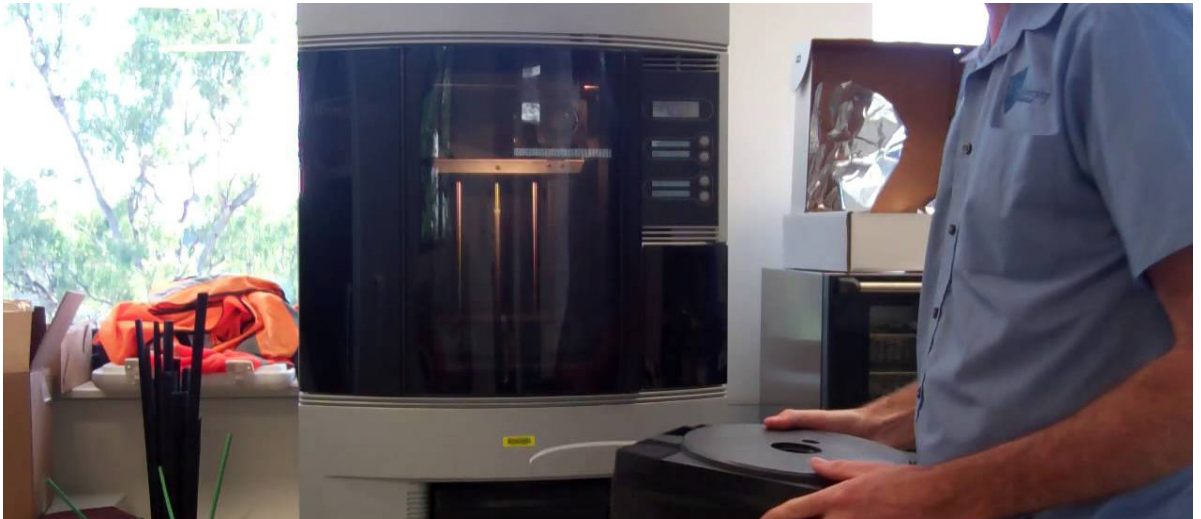
Luego, se creó un segundo calibre para la empresa y para comprobar si el diámetro externo era el correcto, ya que este era un poco más complejo debido a que tenía mayor longitud y el diseño ahora incluía un grabado donde informaba los rangos de tolerancias y especificaba cuál era el “Pasa” y cuál el “No pasa”.

Concluyendo, que el acabado del calibre no era excelente, es decir, no se leía fácilmente el rango de tolerancia, las escrituras grabadas no estaban 100% limpias y puras, lo que daba cierta inseguridad. Además, la pieza debía ser pasada por un proceso de lijado, ya que tenía muchas impurezas debido al material, lo cual hacía que el instrumento perdiera precisión.

Además, que el costo por la impresión era muy alto, ya que los 1000 cm cúbicos de material valían \$250.000 y pensando que cada pieza podía tener aproximadamente 88 cm cúbicos y que la impresión no quedaría perfecta, la inversión no valía la pena. La máquina por si sola podría llegar a costar unos 30 millones de pesos.



Calibre impreso en Stratasys BST 768, para controlar diámetro de cañería de riego de Vinilit . Fotografía propia para el proyecto.



Maquina Stratasys BTS 768 con sistema FDM imprimiendo. Fuente: [www.objective3d.com.au](http://www.objective3d.com.au)



Finalmente, se aprobó la marca Stratasys para el proyecto, debido a la dureza, calidad y precisión de los calibres, creando un instrumentó que fue integrado al sistema de producción y control de calidad de la manufacturara Vinilit. Sin embargo, se empezó a investigar sobre impresoras más nuevas que no tengan los problemas de la BST 768. Es así como en la búsqueda de una mejor definición y acabado del instrumento se contactó a la empresa Congrap, quienes prestan servicios de impresión con la máquina **Stratasys uPrint SE**, una mucho más nueva y descrita por la marca como: “Una completa impresora que utiliza tecnología FDM para crear mediante termoplástico ABS modelos y prototipos funcionales, duraderos, estables y precisos”.

Por lo tanto, se imprimió un calibre en esta máquina para comprobar si es que era tan precisa y de un acabado tan perfecto como se decía, además de ver si la diferencia con la otra impresora Stratasys era significativa.

El calibre también era para la manufacturera Vilinit y tenía el objetivo de comprobar si es que el diámetro interno de una tapa era el correcto. Se imprimió el instrumento en un material ABS M-30, logrando una pieza con un acabado mucho mejor y sin el problema anterior que el material no estaba unificado completamente perdiendo precisión. Ahora el elemento entregaba seguridad y su simbología se leía perfectamente.

Calibre de diámetro externo fabricado en Stratasys BST 768 para Vinilit. Fotografías propias para el proyecto.



A pesar del gran avance en la calidad de los productos, todavía existían dos problemas: En primer lugar el costo de impresión era muy alto (la pieza \$32.000), lo que frenaba la idea de que en el futuro los usuarios solicitaran piezas mucho más grandes que las hasta ahora realizadas. Si existían trabas respecto al volumen de los instrumentos el proyecto se enmarcaría en sólo mediciones pequeñas, lo que rebajaría enormemente el mercado.

En segundo lugar, **aún no se lograba el acabado exacto** que un instrumento de control de calidad requería. La pieza recién impresa estaba casi perfecta, sólo en que en sus contornos (en donde debe tener exactamente la medida dada) se le formaba en cierto punto de las capas una pequeña juntura de plástico, lo que podría hacer a las fabricas perder la credibilidad en el producto, ya que tenía una pequeña parte de desfase.

En consecuencia y buscando cómo sacar adelante el producto se pidió asesoría al experto en fabricación digital y gran investigador en cambios en el paradigma productivo, Tomás Vivanco, co-director del Fab Lab Santiago. Se le contó sobre el proyecto y las trabas en temas de impresión. Vivanco nos enseñó que algo muy importante en la impresión, y más en el caso de este proyecto donde se necesita de mucha precisión, es el material con que imprimir (o también llamados en el mundo de la impresión 3D como filamento). Cada material tiene distinto comportamiento en la fase de impresión, algunos se expanden y otros se contraen, como también les sucede con los cambios de temperaturas al momento de usarse. Existen algunos filamentos que son más aptos para distintas funciones, como flexibilidad, roce, dureza, conductor, contra fuego, peso, etc.

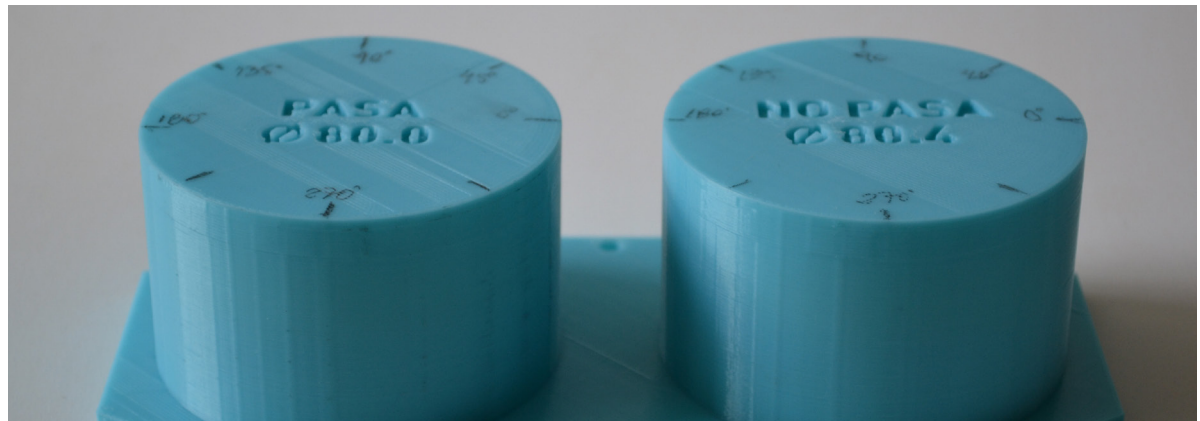


Ante eso, Tomas Vivanco recomendó usar un polímero llamado PLA, que tiene un muy buen comportamiento con la impresión, ya que no varía mucho su forma, lo que le da gran exactitud. Sin embargo, a este material hay que darle un gran espesor porque no tiene tanta dureza.

Además, Vivanco contactó con el experto en impresión de su laboratorio digital, quien recomendó un filamento PLA, de una marca específica llamada SUN, el cual tiene aun mejor comportamiento y exactitud. También, aconsejó probar con otra máquina, ya que las Stratasys según él tienen el fin de mostrar más como irá a quedar el producto final y preocuparse de un buen acabado, mirado desde lejos, siendo muy minuciosos en todos los detalles, pero sin fijarse tanto en la precisión. Con esto se refería a que no valía la pena gastar tanto dinero imprimiendo en una Stratasys y su sistema trabado de provisión de filamentos, informando que otras máquinas más económicas y con material PLA pueden llegar a la misma precisión e incluso lograr mejores resultados. Me recomendó imprimir en PrinterBot.

**PrintrBot** es una compañía que comenzó en 2011 a través de un Kickstarter en búsqueda de crear una impresora de tamaño reducido, de bajo costo y fácil de ensamblar. Actualmente ha crecido y su enfoque es crear alto nivel de impresión por un precio mucho más reducido que otras impresoras que valen muchos millones.

Por lo tanto, para Vinilit se creó un calibre que tiene por objetivo inspeccionar el diámetro interno de unos codos para las uniones entre tubos, el cual fue impreso en una máquina PrintrBot con PLA marca Sun.



**Este dio muy buenos** resultados por varias razones: primero porque el precio por imprimir es hasta ocho veces menos que en una Stratasys, sin perder rigidez, que era algo que se temía por el nuevo material usado. En segundo lugar, la precisión lograda es igual o mejor que con las impresoras utilizadas anteriormente. Tercero, el instrumento quedaba perfectamente geométrico y con una funcionalidad excelente sin la necesidad de ser lijado. En cuarto lugar, la simbología está grabada a su perfección, sin generar inseguridad. Por último, tenía a la mano la capacidad de ofrecer distintos colores de filamento, lo cual podría otorgar un mayor servicio a las industrias.

*Calibre impreso en Stratasys BST 768 con material ABS para cañería de agua lluvia. Fotografía propia para el proyecto.*



*Calibre impreso en Stratasys uPrint con material ABS-M30 para tapa hidráulica. Fotografía propia para el proyecto.*



*Calibre impreso en Printrbot Plus con material Pla para codo de agua lluvia. Fotografía propia para el proyecto.*

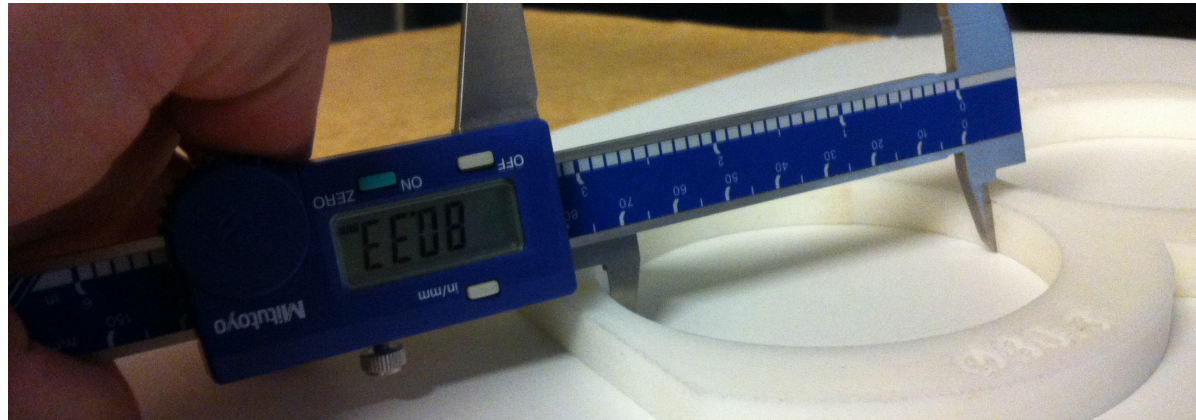




## 8.4 Inspección de calibres

El siguiente paso debía ser decidir cuál de las tres impresoras utilizadas era la más conveniente, ya que cada una tenía distintas cualidades muy destacables. Para verificar realmente cuál era la más conveniente se hizo una tabla comparativa, donde se detallaba cada parte de la impresión del calibre, para luego compararlos. **El detalle más importante era verificar cuál máquina y material daba mejor resultado comparativo entre la medida real del modelo digital y las medidas impresas. Además, de cual mantenía esa medida y era mejor catalogado luego de dos semanas de testeo en la fábrica.**

En un principio se midieron los calibres impresos con un instrumento llamado “pie de metro digital”, el cual entrega la dimensión de hasta la centésima de milímetro, con la idea de tomar diferentes puntos y controlar su diámetro, para así comprobar qué tan homogéneos son los calibres impresos. Pero el instrumento usado no te entregaba una certeza 100% en su información, ya que cuando se mide no asegura que está exactamente horizontal, ni tampoco si es que está pasando por el centro de la circunferencia, ni si se está presionando mucho el instrumento o no.



*Primera intento de inspección de la precisión de los calibres. Fotografía propia para el proyecto.*

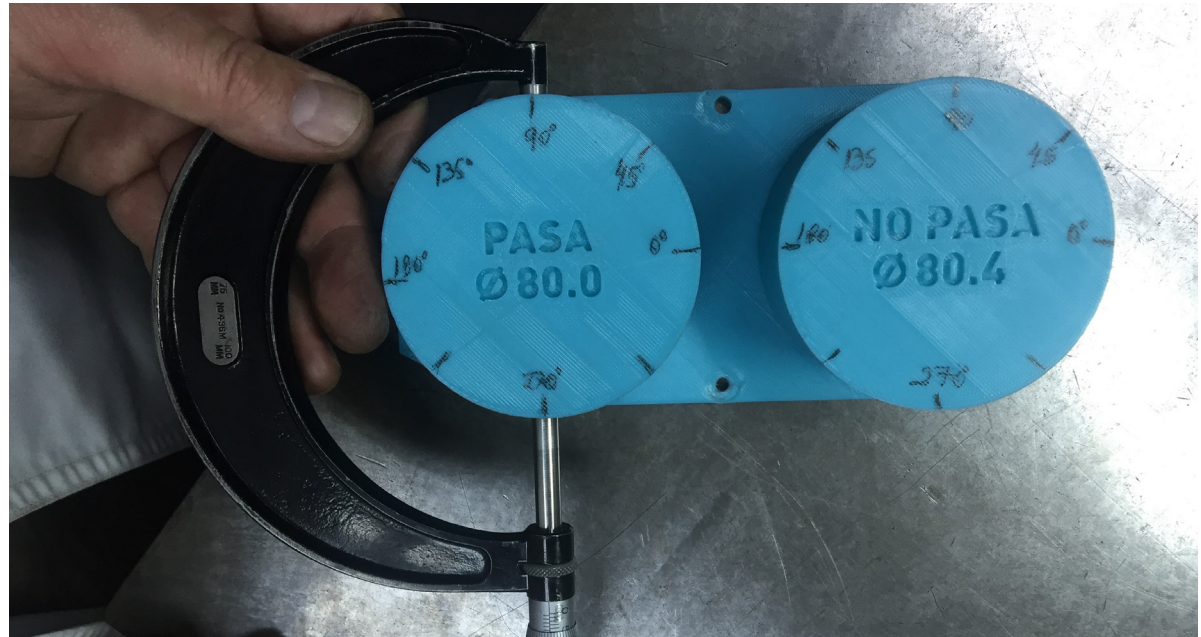
cada instrumento.

Ante eso se decidió trabajar con el experto en la medición y certificación de instrumentos de medición de Chile, el centro de metrología Cesmec, el cual es una empresa certificadora industrial para lograr una medición de los calibres exacta. Se pensó hacer una medición antes de testarlo en Vinilit y luego del testeo, para así poder verificar la resistencia al roce de cada material. Francisco García, gerente general de la división de metrología, y Marcel Espinoza, encargado del laboratorio de medición, fueron los responsables de certificar el calibre, a través de un sistema profesional industrial, en donde factores como la humedad, temperatura, certificación del mismo instrumento y su incertidumbre estaban controlados.

La forma de medir cada calibre fue marcando los grados del círculo cada 45°, es decir, el punto 0°, luego el punto 45°, después el 90° y así sucesivamente hasta llegar al 360°, creando puntos de referencias. Luego uno toma la medida cada 180°, es decir, del 0° al 180°, después del 45° al 225° y así sucesivamente. De esta manera se asegura que la medida pase por el centro de la circunferencia.

Todas estas medidas fueron tomadas con una herramienta muy especial del laboratorio de metrología de Cesmec junto a su equipo, llamado como micrómetro. Este permite de una manera muy exacta leer hasta una centésima de milímetro, es decir, se puede visualizar 0,01 mm. Esto fue descrito por el EcuRed como:

“Un instrumento empleado para medir longitudes exteriores o interiores con alta precisión basado en la rotación de un tornillo, cuyo desplazamiento axial es



*Sistema de inspección final de la precisión de los calibres junto a la certificadora Cesmec. Fotografía propia para el proyecto.*

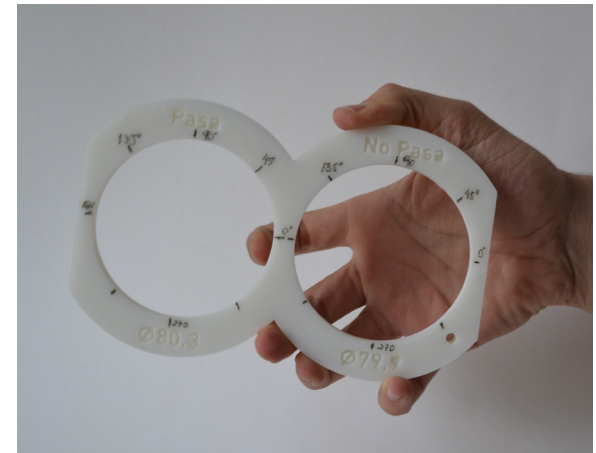
proporcional a su desplazamiento angular”.

Esta medición entregó resultados muy detallados y precisos de 4 diámetros por cada calibre, logrando así un detalle muy minucioso de cada calibre antes de ponerlos a prueba en la industria. Estos sirven primero para verificar el grado de error que tiene cada impresora, segundo para verificar la exactitud de cada calibre y por último para después del testeo volver a medirlos con Cesmec y sacar el grado de desgaste de



# Resultados

## Calibre Stratasy's Dimension BTS 768



### Detalles del calibre impreso

Producción	Canaleta aguas lluvia 80
Material filamento	Plástico ABS
Gramos	88
Costo (solo por material)	\$25.462
Infill (relleno)	100%
Calidad	0.3 mm
Tiempo	4:30 horas
Tipografía usada	DIN Bold con mayúsculas y minúsculas

### Resultados Inspección Cesmec

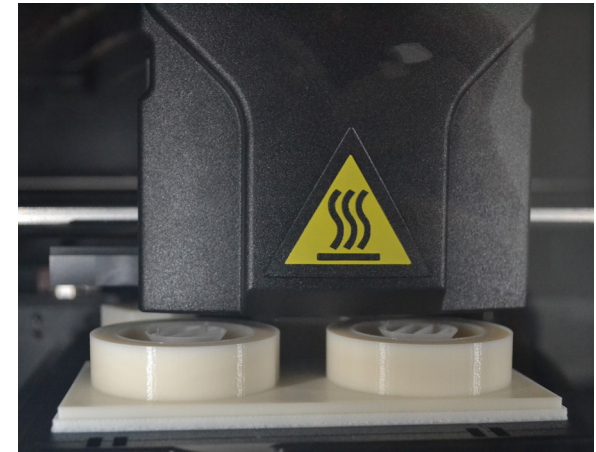
Condición	Ø Nominal	Ø1 90°-270°	Ø2 0°-180°	Ø3 45°-225°	Ø4 135°-315°	Promedio (mm)	Diferencia (mm)	Incertidumbre
<b>Pasa</b>	80,3	80,22	80,60	80,32	80,30	80,36	0,38	0,02
<b>No pasa</b>	79,9	79,90	80,00	80,05	79,82	79,94	0,23	0,02



# Resultados

## Calibre Stratasys uPrint SE

Detalles del calibre impreso	
Producción	Tapa Hidráulica 50
Material filamento	Plástico ABS-M30
Gramos	?
Costo (solo por material)	\$32.730
Infill (relleno)	100%
Calidad	0.25 mm
Tiempo	6:00 horas
Tipografía usada	DIN Bold con mayúsculas y minúsculas

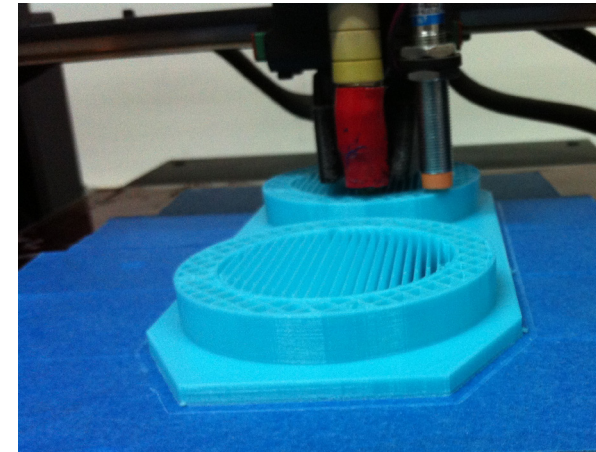


### Resultados Inspección Cesmec

Condición	Ø Nominal	Ø1 90°-270°	Ø2 0°-180°	Ø3 45°-225°	Ø4 135°-315°	Promedio (mm)	Diferencia (mm)	Incertidumbre
<b>Pasa</b>	50,0	49,93	50,08	50,00	50,02	50,01	0,15	0,02
<b>No pasa</b>	50,3	50,31	50,36	50,37	50,31	50,34	0,06	0,02

# Resultados

## Calibre Stratasys Printbot Plus



### Detalles del calibre impreso

Producción	Codo aguas lluvias 80
Material filamento	Plástico PLA Sun
Gramos	189
Costo (solo por material)	\$5.481
Infill (relleno)	17%
Calidad	0.2 m m
Tiempo	13:00 horas
Tipografía usada	DIN Black en mayúsculas

### Resultados Inspección Cesmec

Condición	n	ØNominal	Ø1 90°-270°	Ø2 0°-180°	Ø3 45°-225°	Ø4 135°-315°	Promedio (mm)	Diferencia (mm)	Incertidumbre
<b>Pasa</b>		80,0	79,93	80,00	79,91	79,96	79,9 5	0,09	0,02
<b>No pasa</b>		80,4	80,24	80,27	80,3 3	80,3 3	80,2 9	0,09	0,02

## 8.5 Testeo

### Objetivo general

Evaluar la real utilidad del servicio junto a su producto y sus ganancias cuantitativas y cualitativas, además de verificar cuál sistema de impresión es el más adecuado para el proyecto.

### Estrategia de testeo

Debido a que el testeo requiere de mucho tiempo y dedicación -teniendo en cuenta que el tiempo es acotado- se elegirá una sola industria como foco de observación principal y tres sistemas de impresión distintos.

La industria elegida debe tener la necesidad de mejorar su sistema de control de calidad por atributos, además de la disposición de abrirse al estudio y entregar información confidencial de ella.

A esta empresa se le ofrecerá ayuda en tres productos específicos de producción masiva, los que tengan problemas debido a drásticos cambios en sus dimensiones. Luego de la primera prueba, se irá ampliando la gama de calibres a otros productos para así analizar la amplitud del proyecto



Línea de producción tubería de agua lluvia, planta Vinilit San Bernardo. Fotografía propia para el proyecto.

### Objetivos específicos

1. **Evaluar la satisfacción** del Jefe de Control de Calidad con el producto/servicio.
2. **Analizar las mejoras** cuantitativas en números de rechazos antes y después.
3. **Observar** cómo el operario utiliza el instrumento dentro de la línea de producción.
4. **Evaluar la necesidad de precisión** que se requiere para el instrumento.
5. **Evaluar la materialidad** y la duración de estos objetos
6. **Estudiar la impresora 3D** y material más conveniente de usar para este fin.

### Empresa en testeo

**Vinilit.** Como ya se ha descrito anteriormente, Vinilit es una de las manufactureras de PVC y HDPE más grande de Chile. Cuenta con una gran cantidad de líneas de producción, con dos sistemas diferentes de fabricación, la extrusión para la creación de las tuberías de todo tipo y la inyección para la creación de los fittings. Todo esto constituye una gran oportunidad para comprobar la utilidad del proyecto.

### Producción en estudio

**Tubería de PVC Agua Lluvia de 75**

**Codo de PVC Agua Lluvia 90° de 75**

**Tapa de PVC Hidráulica de 50**

## Solicitud

Creación de tres calibres, el primero para controlar el diámetro externo del tubo de 75 creado a partir de extrusión con un rango de tolerancia de entre 80 y 80,3; el segundo para controlar el diámetro interno de un codo de 75 que tiene una tolerancia entre 80 y 80,3; y el último consiste en una tapa de 50 que tiene tolerancia entre 50 y 50,3.

## Problema

Existe una variación muy alta en el diámetro de estos productos, lo que luego hace que la tubería no encaje dentro del codo o quede muy suelta, dejando salir líquidos al momento de usarse y en el caso de la tapa que no entre en las cañerías o que no quede lo suficientemente apretada, creado así un producto de mala calidad, desprestigiando a la empresa y perdiendo clientes.

Por otro lado, el centro de control de calidad busca mejorar la aptitud de sus productos y en este caso específicamente se preocupa de que al armarlos estos calcen a la perfección, sin la necesidad de recurrir a la fuerza para unir dos piezas, ya que un producto de calidad se debe ensamblar fácilmente.

## Estadísticas actuales de pérdidas

-Tubería Agua Lluvia 80: 100% de la producción, del día controlado, tenía un diámetro de 80,4 mm, lo que corresponde a una décima de milímetro más alta que la tolerancia, por lo cual era una producción con errores.

- Codo Agua Lluvia 80: El día de control de este producto en sus seis horas de turno, en el cual se producen 60 codos a la hora, hubieron una cantidad de 85 productos con rechazo que es 23% del total.

-Tapa Hidráulica 50: El cual tuvo en el mes de abril un rechazo de un 3,1% lo cual es una cifra muy alta ya que es una producción muy delicada con insumos costosos de alta resistencia a la presión.

## Marco temporal del testeo

### Primera visita

Primero se irá a la manufactura para evaluar su situación y recibir por parte de ellos el encargo de realizar un calibre para algún producto. Se entrevistará al encargado general del Control de Calidad. Se mostrarán calibres anteriores realizados para que la persona pueda vivenciar el producto y que al mismo se de cuenta de sus ganancias.

### Segunda visita

Luego dos semanas se hará entrega del calibre impreso en 3D, evaluando la primera satisfacción del producto y observando sus primeros usos. Se entrevistará al encargado general del Control de Calidad, al asistente de Control de Calidad y al operario de línea de producción.

### Tercera visita

Dos semanas después se revisará los resultados de la producción con el producto en uso. Se entrevistará al encargado general del Control de Calidad, al asistente de Control de Calidad y al operario de línea de producción.

Rechazados acumulados por diferentes líneas de producción en Vinilit. Fotografía propia para el proyecto.





## Conclusiones de testeo

### Proyecto puesto a prueba en mundo real

Luego testear durante 18 días los tres productos en la manufacturera objetiva Vinilit se retiraron los calibres, finalizando así la prueba de los instrumentos. Los resultados fueron muy positivos, ya que la industria se vio muy contenta con el proyecto, debido a que este les entregó una nueva forma de medición de los atributos importantes en la misma línea de producción. A su vez, el testeo hizo tomar en cuenta ciertos aspectos del producto que no se tenían considerados y nuevos detalles para crear un instrumento que cumpla a la perfección su funcionalidad.

Por lo tanto, a continuación se clasificará cada punto a destacar del testeo en cuatro categorías, las que tienen dentro de ellas subcategorías. Algunas son positivas, otras negativas y otras simplemente son observaciones para mejorar el proyecto.





## El objeto en sí

Vinilit se manifestó muy satisfecho con la materialidad, el diseño de información y la forma de los nuevos instrumentos de medición, ya que los usados anteriormente pesaban más de 10 kilos y no se acoplaban a la máquina. Estos en cambio no hay que estar manteniéndolos y cuidándolos de los hurtos.

## Producto "inrobable"

La única función del producto es inspeccionar, sin tener ningún valor fuera de la industria, ya sea para venderse por su material o para alguna otra función. Esto es muy positivo, porque los calibres usados anteriormente eran hurtados por los mismos operarios para venderlos.

## Calibre no sólo para inspección dimensional

Se comprobó que los calibres no sólo tienen un uso dimensional, sino que en algunos casos se requiere de algún objeto geométrico que compruebe si es que el producto no ha tenido ninguna malformación dentro de su proceso de manufactura, como ver si es que la forma se ha mantenido circular y no se ha ovalado.

## Necesidad de un sistema de enganche

Algo que solicitaron reiteradamente los operarios en las diferentes visitas a la fábrica es que los calibres tienen que estar diseñados con algún sistema de acoplamiento o unión a la máquina fabricadora. Algo muy simple y útil que ayude a que el calibre no se pierda y esté siempre dispuesto a cualquier trabajador. Un sistema de enganche cómodo para el trabajador fomenta una mayor revisión de las producciones.

Los calibres usados anteriormente por Vinilit siempre se perdían o no estaban a la mano cuando se necesitaban. Por lo tanto, a dos de los tres calibres testeados **los operarios les hicieron agujeros para engancharlos a la máquina productora**, facilitando de esta forma su uso.

## El color debe ser fuerte

Realizar los calibres de un color que no se mimetice con los productos del ambiente. Esto sucedía con el calibre celeste que se le entregó a Vinilit, ya que pro-

ducir productos del mismo color del calibre confunde a los operarios, contrariamente a lo que se pensaba inicialmente. Es necesario que el color sea propio del instrumento, que se diferencie y destaque. Esto permite utilizar el color como una forma de mostrar de mejor manera la información, ya que generalmente se usan en lugares sin buena iluminación, como fue lo que sucedió con el calibre de anillo, que era muy blanco y costaba leer sus letras.

*Calibre blanco con difícil lectura por su color descubriendo necesidad de contraste. Fotografía propia para el proyecto.*



*Operarios realizaron agujeros al calibre para fijarlo a la máquina. Fotografía propia para el proyecto.*



## Bajo peso ayuda a la revisión

Una de las cualidades que se valoró mucho por parte de los operarios y de los asistentes de control de calidad es que el material del producto es muy liviano, lo cual ayuda bastante en el momento de la revisión, por ejemplo los calibres no entran en los productos por la presión de su propio peso, problema que sí sucedía con los anteriores calibres. Por otro lado, el operario se cansaba de revisar varias veces con un instrumento que pesaba 2,7 kilos, lo que generaba que después de un tiempo dejara de inspeccionar todas las veces necesarias.

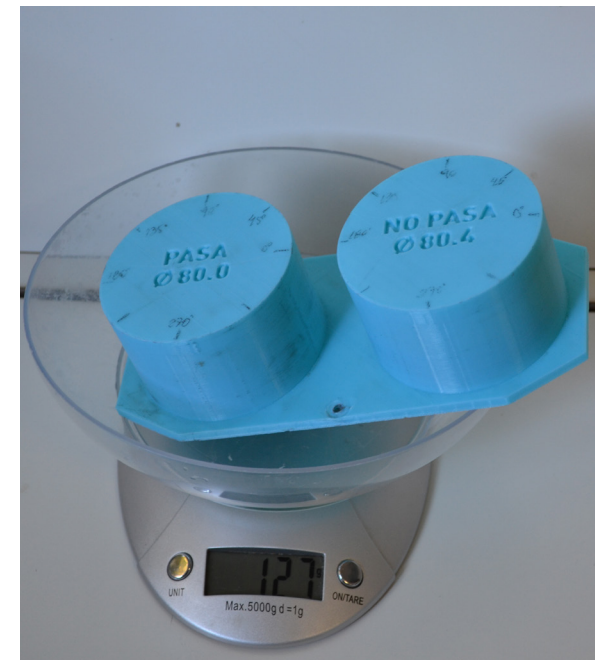
## Baja necesidad de ergonomía

El operario aprobó la forma de los calibres sin tampoco manifestar la necesidad de una forma cómoda, por varias razones: Primero, no tienen por mucho tiempo una gran manipulación de los calibres, ya que varios de ellos fueron instalados fijos en las máquinas productoras y cuando los manipulan es por cortos tramos de tiempo, máximo 12 segundos. Segundo, siempre los utilizan con guates por normas de seguridad, por lo tanto no hay posibilidad que las aristas de los instrumentos les incomoden. Sin embargo, la forma igualmente debe ayudar a la revisión.

*Calibre de tubería de regadío en desuso en la línea de producción.  
Fotografía propia para el proyecto.*



*Comparación de pesos de un calibre actual de Vinilt con un calibre del proyecto, los dos con la misma funcionalidad. Fotografía propia para el proyecto.*



## Gran valor para el operario

**“Es tan increíble que después los viejos se mecanizan y cuidan esto más que a su señora, porque los operarios saben que con estos se evitan muchos problemas”  
Marcelo Pulgar.**

El calibre es un instrumento muy apreciado por los operarios y maquinistas de las fábricas, ya que les ahorra mucho trabajo y esfuerzo, algo que ellos valoran mucho.

Los encargados de las líneas de producción tratan de mantener los productos en sus rangos de tolerancias, ya que o si no se van a producir problemas futuros que les va a generar mucho trabajo de regulación de la máquina.

Las máquinas tienen variables en sus diferentes cualidades como agua, velocidad, presión, insumo, etc, las cuales están constantemente cambiando. A través del calibre los operarios se pueden dar cuenta a tiempo de que la máquina está teniendo un cambio y regular la producción, evitando grandes problemas y producciones rechazadas.

Por último, ellos tienen que lidiar todo el tiempo con los asistentes del control de calidad que les exigen los productos con un rango de tolerancia correcta, pero no tienen cómo darse cuenta fácilmente de estas medidas.



*Puesto de trabajo del operario con un calibre del proyecto fijo a la máquina. Fotografía propia para el proyecto.*

### Revisión en línea

La mayor gracia del producto es una revisión en la misma línea de producción, donde se genera un auto control de los productos por parte del operario, percatando de inmediato los problemas y solucionándolos a tiempo, evitando grandes problemas venideros.

### Única revisión control de calidad

El centro de control de calidad de cada manufacturera tiene la función por norma de registrar las dimensiones de cada producto, verificando si ellas están dentro del reglamento de certificación o no. Pero esta revisión la realizan tres veces al día por producción, lo que produce que cuando el control de calidad informa que hay que rechazar algún producto este ya lleva muchas horas produciéndose, por lo tanto la cantidad de productos que se pierden es bastante.

Los únicos que en la industria actualmente revisan las dimensiones de los productos son los asistentes del control de calidad. En algunos casos los jefes de producción comunicaron que los operarios y los maquinistas revisaban las producciones, pero al entrevistarlos personalmente comentaron que nunca los miden, sino que esperan a que los del control de calidad les informen de la situación de cada producto.

**“Con este instrumento me adelanto a la inspección del control de calidad”  
Cristián Aránguiz, maquinista operario Vinilit.**



## Estadísticas

Este fue uno de los puntos que más impresionó del testeo, donde se verificó cuál era el valor cuantitativo del proyecto.

## Producto de mayor calidad

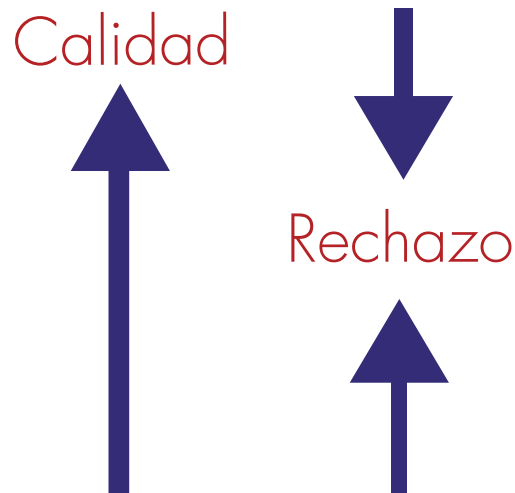
Se verificó al poner a pruebas los calibres que las piezas fabricadas por la industria tienen constantemente fallas a la norma, creándose sin darse cuenta productos que no se rechazan y se mandan a la venta, sin ser 100% de calidad, pudiendo tener muchos problemas con la certificación y con los clientes. Por lo tanto, estos instrumentos van a ayudar a ajustar los productos a una mejor calidad.

Con este instrumento puede que no disminuya la cantidad de rechazos de líneas de producción, sino que por el contrario aumenten. Gracias a los calibres es más fácil detectar a tiempo que un producto está saliendo con fallas, por lo que serán rechazados y no saldrán a la venta, como sí ocurre en la actualidad. De esta forma los productos mejoraran su calidad y funcionalidad, logrando una mejor imagen de la marca hacia los clientes.

**“No va existir una variación en las pérdidas, pero la ganancia que tiene ellos es que se están auto controlando más fácilmente”**(Aravena, P. Comunicación personal. 20 mayo de 2016).

## Estadísticas de rechazos

El uso de los calibres no va a cambiar el nivel de rechazo interno en comparación con las producciones de meses anteriores, porque las fallas de las máquinas son muy variables, hay meses que fallan por el frío, otros que fallan por alguna pieza, por un desgaste o por diversos factores. Por lo tanto, existen días o semanas que las máquinas están funcionando perfecto, pero hay otras veces que tienen mayores problemas. Es por esto que el calibre ayuda a detectar a tiempo los problemas de una producción en específico, pero que a la semana siguiente, por ejemplo, la máquina puede volver a fallar por otra razón. Si bien, los niveles de rechazo de la producción no son comparables en función del calibre, su uso permite el per-



feccionamiento y mejora de la calidad del producto.

Los productos no se rechazan de cualquier forma, ya que quien tiene la autoridad de darlos por perdida es el Centro de Control de Calidad. El operario es el que revisa un producto con el calibre y se da cuenta que está erróneo, él va a ajustar la máquina y seguirá revisando hasta que las dimensiones sean las correctas, teniendo así el mayor poder de reacción y de corregir.

Hubo un caso en donde se estaba produciendo un producto erróneo y los operarios estaban concentrados embalado. Gracias al calibre se pudo captar el problema llegando a tener un 6,3% de rechazo en la línea, pero si no hubiera sido por el instrumento, Patricio Aravena, encargado de producción, sostuvo que hubieran botado más de 5,000 unidades.

En conclusión el producto no va tener un valor cuantitativo en un corto plazo, semanas o meses, sino que va a tener un gran valor a largo plazo, es decir, en unos años al comprar la producción de años anteriores sin usar calibres y ahora un año completo usando estos elementos de verificación.

## Gran utilidad para algunas producciones

Se descubrieron nuevos detalles del objeto puesto en la línea de fabricación, verificando la tipología de producto a inspeccionar y sus niveles de precisión para el mercado del proyecto.

## Utilidad para algunas producciones

Existen productos más estables que no necesitan calibres, en cambio hay otros que sí los necesitan de gran manera y por diferentes razones. Por un lado porque tienen menores tolerancias, entonces un pequeño cambio las deja fuera del rango correcto, algunos productos como la tapa hidráulica de 50 no puede dejar salir líquido, tienen que ser muy precisos, por lo tanto una pequeña variación en su dimensión lo deja inútil. Por otro, tienen cambios de forma, como pasar de redondo a ovalado durante su producción. Por último, máquinas productoras o productos que son más inestables con sus distintas variantes como agua, presión, velocidad, material, temperatura ambiente.



Operario recibiendo y embalando producción de tubería eléctrica sin ninguna revisión. Fotografía propia para el proyecto.



Personal revisando el diámetro interno de un producto a través de un calibre del proyecto. Fotografía propia para el proyecto.



## Calibres confiables no es necesario tan alta precisión

**“Si confié en sus dimensiones, ya que al comprarlo se vio que hay una diferencia con un producto y al otro acusando al otro la falla”** (Aravena, P. Comunicación personal. 20 mayo de 2016).

Durante el testeo el asistente de control de calidad, quien recibió los calibres impresos, nunca revisó las dimensiones de estos, sólo inspeccionó si es que los instrumentos eran funcionales, es decir, si es que con

un producto erróneo pasaba en el “no pasa” y con un producto correcto pasaba en el “pasa” y no pasaba en el “no pasa”.

Esto hizo notar que en la industria, más específico en el mundo de los calibres, estos son objetos para verificar sólo si están dentro de los rangos de tolerancia en el momento de la producción y no para un registro de la dimensión específica del producto. Estos no deben ser de tan alta precisión y no necesitan calzar exactamente con la medida que representan

sin ninguna centésima de milímetro pasada, sino que deben cumplir su función de captar cuando un producto está con algún atributo mal fabricado.

## Duplicados de calibres

En muchos casos se solicitó y se verificó que las dimensiones de los atributos y sus tolerancias se repetían en varios productos. Por ejemplo, existían tapas de diámetro 50, conectores de diámetro 50 y codos de diámetro 50 y estos a veces eran producidos al mismo tiempo en diferentes líneas de producción. Por lo tanto, se puede utilizar el mismo calibre para diferentes producciones que tienen la misma medida, pero como muchas veces son elaboradas al mismo tiempo en dos máquinas distintas es necesario tener más de un calibre exactamente igual.

*Uso de los calibres con diferentes productos que tienen la misma dimensión del atributo. Fotografía propia para el proyecto.*



En conclusión el testeo fue de gran utilidad para verificar la real necesidad que tiene las industrias respecto al tema de la revisión de dimensiones de sus objetos. Gracias al testeo se pudo ver la inmensa necesidad que existe, ya que pese a ser algo que se ha inspeccionado y realizado desde hace décadas, nunca ha habido alguien que se especialice en la medición de atributos de productos de cada industria, entregando instrumentos personalizados para cada fábrica. Esto es una alegría para el centro de control de calidad y para el centro productivo de las industrias medianas.

Es así como se definieron puntos muy importantes para el proyecto que no se habían considerado anteriormente, destacando que el calibre no va cambiar la tasa de rechazos a corto plazo sino que va a mejorar de gran manera el control de calidad de la producción, la no necesidad de un instrumento de medición que sea preciso hasta la centésima de milímetro y la gran ayuda que son estos calibres para los operarios.

Finalmente, los calibres luego de los 18 días de testeo fueron retirados de Vinilit, para comprobar y producirle a ellos como industria la necesidad de la contratación de este servicio.

# Conclusiones del sistema de impresión

A partir del testeo se definió el sistema de fabricación final

Para comprobar luego del testeo en fábrica el índice de desgaste que tiene cada calibre se volvieron a inspeccionar los instrumentos con la empresa de certificación Cesmec, realizando un proceso de revisión muy similar al que se había hecho antes de entregar los calibres a Vinilt, revisando los diámetros de cada una en sus distintas graduaciones. Sin embargo, se pudo verificar mínimamente cuánto es el grado de desgaste de una pieza, ya que el tiempo de testeo fue muy corto.

El nivel de desgaste es algo muy difícil de controlar, aseguró el trabajador de Cesmec, Marcel Espinoza, ya que el uso que puede tener cada instrumento es diferente en cada caso. Por lo tanto, un calibre puede perder utilidad en un mes o en 5 años, dependiendo de la frecuencia de inspección (Espinoza, F. Comunicación personal, 29 junio de 2016).



Imagen de detalle de impresión de cada sistema. Fotografía propia para el proyecto.

## Resultados Inspección desgaste Cesmec

### Calibre: Codo 80 impresora PrintrBot

Condición	Ø1 90°-270°	Ø2 0°-180°	Ø3 45°-225°	Ø4 135°-315°	Promedio (mm)	Proyección en 6 meses
<b>Pasa</b>	0,09	0,08	0,03	0,05	0,062	0,375
<b>No pasa</b>	0,01	0,01	0,02	-0,02	0,002	0,01

### Calibre: Tapa 50 impresora uPrint

Condición	Ø1 90°-270°	Ø2 0°-180°	Ø3 45°-225°	Ø4 135°-315°	Promedio (mm)	Proyección en 6 meses
<b>Pasa</b>	0,00	0,00	-0,01	0,03	0,005	0,03
<b>No pasa</b>	0,03	0,01	0,01	-0,03	0,005	0,03

### Calibre: Tubería 80 impresora BTS 768

Condición	Ø1 90°-270°	Ø2 0°-180°	Ø3 45°-225°	Ø4 135°-315°	Promedio (mm)	Proyección en 6 meses
<b>Pasa</b>	0,03	0,17	0,11	0,02	0,082	0,492
<b>No pasa</b>	0,02	0,02	0,01	-0,02	0,007	0,042

Siguiendo el estudio, se realizó una tabla comparativa que resta el primer resultado de inspección anterior del testeo contra el segundo resultado posterior al uso en la industria, verificando así que los diferentes índices de desgastes de cada calibre, entendiéndolo como una cifra no precisa, pero si para tener un imaginario del comportamiento de cada sistema de fabricación en torno a su desgaste.

El resultado final arrojó que la variable “Pasa” siempre está más desgastada que la variable “No Pasa”, debido a que los productos revisados en muy pocos casos no entran en su medida y por lo tanto no producen roce a está última.

Además, el calibre fabricado en la máquina Stratasys uPrint fue el que obtuvo un mejor comportamiento frente al desgaste, teniendo un promedio de 0,05 mm de baja de material. Sin embargo, es necesario tomar en cuenta que este calibre durante el testeo fue el menos utilizado por la manufacturera, ya que los productos que este debía inspeccionar muchas veces estaba fuera de producción. En cambio, el resto de los calibres debían revisaban una producción que durante los 18 días de testeo no cesaba en las 24 horas del día. Esto no desmerece la resistencia de este calibre, pero si data que si hubiese tenido el mismo uso hubiera cambiado un poco la cifra.

En consecuencia, se verificó que la fabricadora uPrint es la más resistente, lo cual puede ser en algunos casos perjudiciales para el servicio, ya que la idea es que los calibres tenga un pequeño desgaste en el tiempo para así irlos renovando y tener ganancias por cada recambio. Por lo tanto, se determinó que la impresora PrintrBot es la ideal para el proyecto, ya que su desgaste no es el más alto con un índice mensual de 0,062 milímetros, teniendo una resistencia al roce, con además ganancias por su variabilidad de colores y economía en impresión e insumos. Finalmente, se estableció que el tiempo de recambio va a ser cada cinco meses, cuando el calibre ya va tener un desgaste no notorio para el cliente, pero cercano a perder una precisión importante.



## 8.6 Diseño de información

En el diseño de los calibres se determinó que todos los instrumentos debían tener grabados en su volumen una señalética de su medida a representar y su función, es decir, si es un “pasa” o un “no pasa”. Esto está muy bien evaluado por la industria testeada, ya que lo considera una innovación que ayudaría a que para el operario la inspección del producto sea más fácil, ágil y efectiva.

Para esta señalética era necesario decidir qué tipografía utilizar, lo cual es un tema muy importante debido a que las letras grabadas en el calibre corresponden a una forma de comunicación del producto hacia el entorno, es decir, la tipografía representa el estilo, la identidad y la manera con que se comunica este instrumento. Por ejemplo, una tipografía alocada acercaría el producto a un mundo más infantil, en cambio una manuscrita demostraría una imagen más artesanal.

**Por lo tanto se decidió usar la tipografía nacida en Alemania conocida como DIN.** A continuación se explicará las razones de por qué se escogió y qué imagen representa.

La tipografía DIN es llamada así por el Instituto Alemán de Normalización (Deutsches Institut für Normung), ya que su sigla en alemán es DIN. Esta fue diseñada por Ludwig Goller en 1936 para la señalización de las carreteras y ferrocarriles del país germano. Hasta el día de hoy es utilizada en los carteles de los caminos entre las ciudades alemanas y en las placas de las patentes de los autos.



Tipografía DIN creada por Ludwig Goller en 1936. Fuente: [www.culturepush.com](http://www.culturepush.com)



Imágenes de señalética vial alemana usando la tipografía DIN. Fuente: [www.mediengeschichte.dnb.de](http://www.mediengeschichte.dnb.de), [www.idsgn.org](http://www.idsgn.org)

En el año 1995 fue necesario traspasar esta tipografía a formato digital, por lo que el diseñador Alber-Jan Pool la creó su versión vectorizada para computador, llamada DIN FF. Esto desarrolló una expansión de esta a muchos otros rubros no tan gubernamentales, logrando estar expuesta en la exposición permanente de uno de los museos modernos más importante del

mundo, el MoMA (Museum of Modern Art).

En temas estéticos DIN es una tipografía que se recomienda usar para cosas que necesitan un aspecto más industrial o más serio, ya que no tiene una forma lúdica ni tampoco alocada, y ser de grosores estándares y geométricos, teniendo sólo variaciones en el grosor de línea horizontal y vertical. Por lo tanto, es un



diseño muy simple con fines funcionales, como hacer más fácil y rápida la lectura en distintos tamaños, materiales y circunstancias. Esta tipografía representa a un producto confiable, formal y 100% funcional.

Es por esto que fue escogida como la letra indicada para la señalética de uso de los calibres diseñados. En estos instrumentos se necesita que la tipografía cuente con distintos criterios esenciales para que su uso sea funcional:

## Criterios esenciales

**Fácil y rápida lectura**, ya que dentro de la línea de producción el operario está dentro de un ajetrejado trabajo, en donde se producen por minuto muchos productos que debe ir recibiendo, ordenando y revisando. Por lo tanto, debe utilizar el instrumento de medición muchas veces, de una manera rápida, correcta y eficiente.

**Legible en pequeños formatos**, ya que muchas veces estos instrumentos no van a ser unas piezas de gran volumen, sino que pequeños instrumentos para medir atributos chicos de un producto, por lo que la señalización va a tener un tamaño reducido que entre en el instrumento sin tener que sobredimensionarlo para grabar la señalética de uso.

**Tener un grosor apto para la impresión en 3D**, ya que la fabricación de los calibres se realiza a través de este sistema, el cual no puede crear objetos de tan alto detalle, debido a sus materia prima y al grosor del extrusor de filamento. Por lo tanto, al tratar de crear escrituras con tipografías delgadas la calidad se pierde de gran manera, llegando a no entenderse lo que se quiere decir. Es por esto que se

busca usar tipografías que mantengan la estética seria de los instrumentos en sus versiones Bold o Black de su familia tipográfica.

Una vez elegida la tipografía era necesario entrar a revisar cómo era su familia tipográfica, por qué tipos estaba compuesta y luego seleccionar la más indicada para los calibres.

**La tipografía DIN está compuesta por 17 variables**, desde unas muy delgadas hasta unas muy gruesas. Las que más se adecuan a las necesidades del proyecto y cumplen con los criterios descritos anteriormente son:

DIN Regular

DIN Medium

DIN Bold

DIN Black

Por lo tanto, se realizó una comparación de cómo funcionaba cada una de ellas en sistema de números y letras. En el momento de la comparación se des-

cubrió una nueva variable a estudiar: el uso de las mayúsculas y minúsculas dentro de la escritura del “pasa/no pasa”. Hasta el momento no se sabía cuál era el modo correcto de escribirse, por lo que también se puso a prueba este tema.



En el balón oficial del mundial de fútbol del 2014 fue impreso en DIN la información de los partidos. Fuente: [www.fontsinuse.com](http://www.fontsinuse.com)



Utilización de tipografía DIN en medicamentos marca Leucen. Fuente: [www.typostrate.com](http://www.typostrate.com)

# Testeo variables tipográficas

Prueba de cual es la más adecuada para la señalética de los calibres

**Se concluyó que las variables Black y Bold si cumplían con los criterios.** En cambio, regular y medium no cumplían con los límites descritos anteriormente, ya que eran demasiado delgadas para ser impresas, sin lograr una definición apta para su lectura, la que tampoco es fácil en tamaños reducidos, pensando que muchas veces el usuario tiene problemas de vista.

Además, la regular y médium son de lectura más lenta que las variables Bold y Black debido a su falta de grosor, pensando que muchas veces el usuario corresponde a personas mayores de 45 años. Ahora debía hacerse una prueba impresa para saber cuál era la variable más adecuada ¿La Bold o la Black?

En tanto, en la otra parte del estudio sobre las mayúsculas y minúsculas **se decidió eliminar la opción de todas con minúsculas y la de sólo la primera palabra con mayúscula**, debido a que esta forma le quita importancia a lo señalado y notoriedad a lo que se está informando. Quedando en la deriva si es que la más adecuada es la con mayúsculas en sus iniciales o en toda la frase.

	DIN Regular	DIN Midium	DIN Bold	DIN Black
<b>Prueba de numeros</b>	80.0	80.0	80.0	80.0
<b>Prueba mayúsculas</b>	NO PASA	NO PASA	NO PASA	NO PASA
<b>Prueba mayúsculas y minúsculas</b>	No Pasa	No Pasa	No Pasa	No Pasa
<b>Prueba mayúsculas y minúsculas</b>	No pasa	No pasa	No pasa	No pasa
<b>Prueba minúsculas</b>	no pasa	no pasa	no pasa	no pasa
<b>Prueba pequeñez</b>	NO PASA	NO PASA	NO PASA	NO PASA

# Tipografía final

Por lo tanto, esto se tuvo que testear en calibres impresos donde se usara la variable DIN Bold en un calibre con mayúsculas en solo sus iniciales, es decir, Pasa/No Pasa y en otro instrumento la variable DIN Black con mayúscula en toda su frase. El resultado fue que **la tipografía Bold no quedaba grabada tan profesionalmente** en algunas impresoras de menor calidad, como la Stratasys BST 768, ya que los puntos interiores de la A y del 9 por ejemplo se soltaban por su pequeñez y los bordes no quedan totalmente rectos. En conclusión, al ser más delgada se notaba mayormente la imperfección de la impresión 3D, generando un producto más inseguro.

En cambio, la impresión de la variable Black impresa en una máquina PrinterBot (que no es de una máxima calidad), con un tamaño similar a la otra variable elegida, quedó con un acabado mucho mayor gracias sus espesores, mostrando un producto más profesional, logrando que la señalética contribuya a generar seguridad en el producto y no lo contrario.

Finalmente se decidió que la tipografía a utilizar sería la DIN Black.

Luego en el testeo sobre las mayúsculas y minúsculas se decidió que era una falta de ortografía escribir la frase con sus iniciales en mayúscula, como por ejemplo “No Pasa”, ya que eso es algo del idioma inglés que no se utiliza en nuestro idioma español, lo que demostraba poco profesionalidad de la marca. Se investigó más sobre cómo se escribían las señaléticas en los distintos elementos industriales y se descubrió que en todos los casos cuando querían mostrar algo importante y muy necesario para la función del elemento se escribía en su totalidad con mayúscula, para que sea lo más notorio posible. Por lo tanto, por temas de funcionalidad y de identidad instrumental **se decidió trabajar con mayúscula en toda la frase, es decir, “PASA / NO PASA”.**

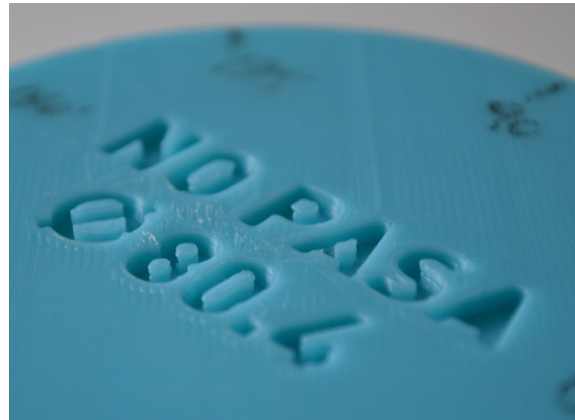


Uso de solo mayúsculas en diseño de información de instrumentos, como el tester digital Keysight. Fuente: [www.keysight.com](http://www.keysight.com)

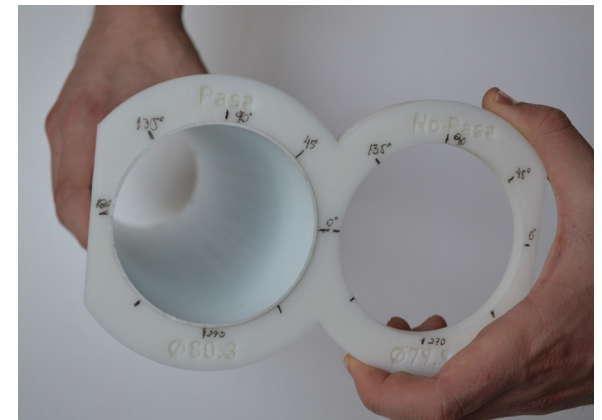
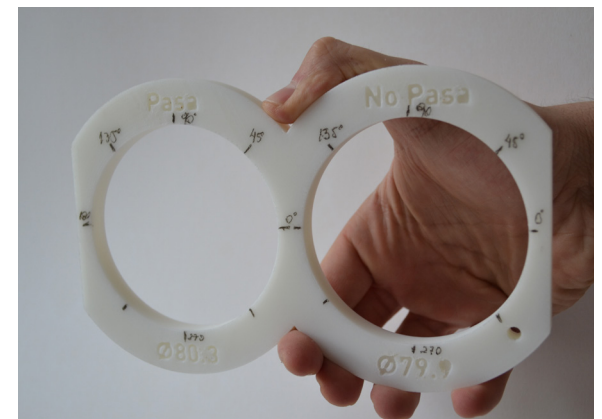
**DIN Bold**  
**DIN Black**



Calibre con información escrita en *DIN Black* solo con mayúsculas. Fotografía propia para el proyecto.



Calibre con información escrita en *DIN Bold* con mayúsculas y minúsculas. Fotografía propia para el proyecto.







## 9 Producto final

Briceño señala que “de aquí a 25 años más las personas deberían tener mayor autonomía de mercado” (citado en La segunda, 2016).



## 8.1 Servicio

Tal como se ha mencionado anteriormente el proyecto se basa en un servicio de diseño, fabricación y entrega de productos para el control de la calidad en la industria. La marca no sólo se enfoca en los instrumentos físicos en sí, sino que en todo su proceso, es decir, antes, durante y después del uso, ya que es tan importante la funcionalidad del producto en las líneas de producción como la gestión de creación del producto, el sistema de despacho y la post venta.

Por lo tanto, para entrar a diseñar este **servicio/producto**, en inglés llamado PSS (product service system), se utilizó la herramienta especializada para el diseño de servicio “Blueprint”, descrita por la experta en este tema, Roberta Tassi, como:

*“Un modelo que sirve como herramienta operacional que describe la naturaleza y las características de la interacción de servicios con suficiente detalle para verificar, implementar y mantener. Se basa en una técnica gráfica que muestra las funciones del proceso por encima y por debajo de la línea de la visibilidad para el cliente: todos los puntos de contacto y los procesos detrás de escena de la empresa se documentan y se alinean para la experiencia del usuario.”*



Operarios de Cristal Chile controlando la calidad de la producción. Fotografía propia para el proyecto.

Para partir, se realizó un primer Blueprint del diseño de servicio, el cual fue parte del plan de testeo general del proyecto llevado a cabo con la empresa Vinilit. Este se dividió en tres pasos que van de la mano con las tres visitas.

El servicio siempre ha estado pensado para persona que realiza la compra del instrumento, quien generalmente es el encargado general del control de calidad o el asistente de calidad.

En la **primera visita** se le mencionará el sistema del servicio para verificar si es que ellos lo usarían y así no perder el tiempo diseñando algo inusable.

En la **segunda visita** se le mostrará al encargado general el servicio, a través del modelo Blueprint, pero resumido para no enredar al entrevistado. Se le borrará la parte del backstage, ya que él nunca lo presenciara y sería un error pedirle la opinión en algo que los clientes nunca van a ver. Por último, se le preguntará su opinión respecto al servicio de recambio de calibres cada cierto tiempo.

En la primera visita el encargado general del control de calidad si estaba de acuerdo con la idea del servicio, encontraba factible que esto fuera a través de una página web, ya que todos estamos constantemente utilizando las nuevas tecnologías, por lo que ingresar a un sitio web y crear un calibre no sería complejo ni poco habitual. Aun así comento que esta página debería ser muy intuitiva y rápida, en donde a partir de un par de clics uno pueda encargar un calibre, es decir, que no tenga mucha información sino que muestre directamente el objetivo principal de la marca y que esto no tome mucho tiempo.

Luego, en la segunda visita se le entregó a Marcelo Pulgar un diseño de servicio con el modelo Blueprint, pero en una versión resumida, mostrando sólo los pasos que el cliente verá. Este se basaba en un diseño parecido a la venta de productos de retail, en donde la página se publicita a través de diferentes medios, captando clientes que luego ingresan a la página y eligen sus productos. Una vez que estos pagan a través del sistema “Paypal” el instrumento es mandado a fabricar y cuando está listo es despachado a la industria.

Por su parte, el encargado de control de calidad hizo ver cosas impensadas sobre la venta industrial, señalando que **la industria no funciona como las tienda online** de productos electrodomésticos. “Esto es demasiado técnico para tratar de venderlo como Amazon”, dijo. Con esto se refería a que la manufactura necesita de algún contacto personalizado y directo con la empresa fabricante de calibres, debido a que las personas que trabaja en fábricas son estructuradas y objetivas, quieren rapidez y confianza de que lo que mandaron a hacer va a estar listo para un día específico y se programan para ello.

Esto quiere decir que necesitan de una fidelización más allá de la página web. Además, señaló que él nunca va a comprar a primera vista sin agendar una reunión para saber más de la idea y luego si le gusta solicitará el servicio, cerrando así un negocio mayor, ya que en vez de realizar un calibre específico podría mandar a fabricar calibres para todos sus productos.

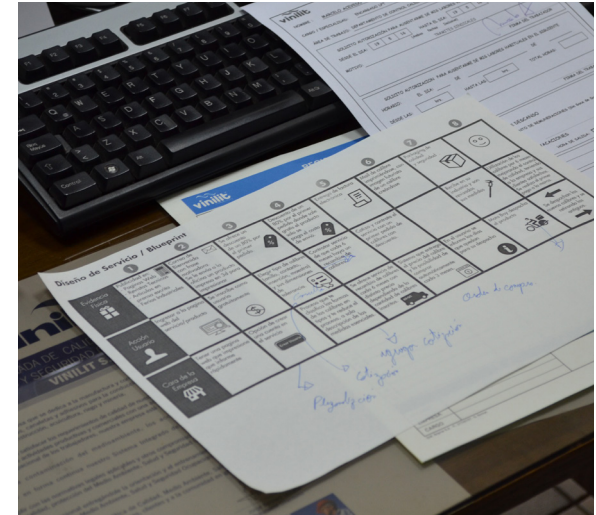


Operarios de Cristal Chile en su mesón de trabajo inspeccionando muestras de la producción. Fotografía propia para el proyecto.

“El cliente se va a marear con el sistema si es que no tienen con quien hablar. Él se va cabrear y va a terminar mandándole a hacer el calibre a la tornería que usaban anteriormente. Tienes que ponerle si es usted tiene alguna consulta comuníquese o mándele un correo, con tal correo o tal teléfono. Yo creo que el hecho de que haya alguien al otro lado que este siempre dispuesto a sacarte un pillo es básico. Si logras eso estás listo” (Pulgar, M. Comunicación personal. 14 mayo de 2016).

Además, Pulgar sostuvo que el sistema de pago no podía ser como “Paypal” de manera electrónica y rápida, sino que debía tener todo un protocolo. Primero una cotización, luego una orden de compra y en último lugar se realiza el pago.

En conclusión, el primer diseño de servicio realizado debía tener muchos cambios, ya que el texto hizo ver aristas nuevas del mundo de la venta industrial, las que se diferencian bastante de la venta de productos para el hogar.



Entrevista al encargado general de control de calidad de Vinilit sobre el Blueprint del servicio. Fotografías propias para el proyecto.

## Página web:

- ✓ Directa
- ✓ Simples pasos
- ✗ Diferente a la venta de retail





Ahora el servicio será más personalizado y se dividirá en ocho etapas, cada una con su objetivo específico.

**La primera columna** se basa en la introducción de este nuevo sistema de control de calidad, informándole al usuario la gracia de este innovador servicio, a través de distintos medios de comunicación especiales del rubro. A la vez se le ofrece al cliente una reunión en donde se le enseñará cómo utilizar la plataforma, lo que personaliza el servicio y genera confianza en el producto. Ante cualquier problema o duda el usuario cuenta con un contacto directo.

En la cara no visible del servicio existe todo un trabajo de búsqueda de los centros de control de calidad de cada empresa, para contactarlos y solicitarles una reunión para ofrecerles el servicio.

**La segunda columna** muestra cuando un encargado de la marca visita la fábrica, mostrando los beneficios de este nuevo sistema y regalando un pequeño merchandaising impreso en 3D. Esto busca que el usuario se registre en el sistema y se una a este nuevo servicio de calibres impresos en 3D, donde la persona se crea una cuenta e inscribe su industria. El objetivo es incorporar al usuario al nuevo mundo de los instrumentos de medición con las nuevas tecnologías, haciéndole sentir que es parte de este ecosistema enviéndoles un mail de bienvenida.

**La tercera columna es una de las más importantes del servicio**, ya que es la que integra la interacción del usuario con la página para crear su propio calibre personalizado, sin necesidad de crear un plano.

Aquí se resumen todas las necesidades del control de calidad por atributo en cuatro simples pasos:

-Primero, elige el tipo de calibre, puede ser de inserción, de anillo, de contacto y maestro. Estas corresponden a la estructura de forma, las cuales fueron decididas a partir del estudio de calibres y la necesidad de medir atributos en distintas industrias, verificando que el qué medir se repetía y podía ser resumido en cuatro categorías.

-Segundo, entrega los rangos de tolerancias del atributo de la producción a medir.

-Tercero, el usuario elige de qué color quiere el calibre

-Cuarto, elige el sistema de enganche del producto, para colgarlo, para fijarlo, o para acarrarlo.

Dentro de la empresa debe haber una gran confidencialidad de los planos realizados, ya que son propios de la empresa y no del cliente. De esta manera la marca es dueña de los planos y el cliente siempre puede acudir a ellos en caso de necesitar más calibres, debido a que ya tiene y es dueña del plano del objeto. Además, debe haber un sistema para resolver dudas mediante un encargado que responda los mails y las llamadas, así se crea una fidelización y personalización del sistema de fabricación.

**La cuarta columna** se basa en la realización de parte del cliente del primer calibre, donde la marca le ofrece de manera gratuita una prueba para introducirle los instrumentos, dándose cuenta de la necesidad y los beneficios que estos ofrecen. Esto se realiza sin factura ni ningún trámite de pago, sólo la firma, que es una prueba gratuita por un mes. Luego

se debe devolver el calibre a la marca o contratar el servicio. Debe haber en la empresa un coordinador de entrega y un gestor de descuentos a los primeros clientes.

**La quinta columna** corresponde a la interacción y comunicación del usuario con el calibre en proceso de fabricación. Al cliente le llegará un mail con estilo futurista con la imagen de un calibre imprimiéndose, para así ligarlo más al proceso y hacerlo sentir como un innovador más. El tiempo de demora de la fabricación son 5 días hábiles. Debe haber en la empresa una persona encargada de la mantención de las impresoras 3D, para que estas funcionen con una precisión excelente y además otra persona encargada de controlar y gestionar los tiempos de impresión.

**La sexta columna** se basa en el despacho del producto, en donde se le demuestra al cliente la calidad del instrumento, sorprendiéndolo con un packaging de transporte y guardado durante su desuso, algo inusual comparado con los otros servicios de objetos contratados, dándole mayor valor al calibre.

Además el producto es revisado y perfeccionado en detalles de la impresión 3D en la empresa fabricante. Luego es entregado a la manufacturera, que también revisa sus medidas. Por último, la industria debe firmar un compromiso de que devolverá este producto en un mes ya que es de prueba, a menos que contrate el servicio.

**La séptima columna** es en donde se proyecta la contratación del servicio de parte de la industria, ya que luego de pasar un mes con un calibre de prueba, la empresa solicita la devolución del instrumento o la contratación del servicio. La empresa además manda a fabricar más calibres para cada producto, ya

que estos requieren de un recambio cada cinco meses. Luego de utilizar por un número determinado de días se mandan a fabricar automáticamente nuevos calibres y se remplazan los antiguos, ya que estos sufren de desgastes, golpes, pérdidas, o por último el producto medido ya no se produce por lo tanto hay que renovar el calibre. Gracias a la renovación es más factible el negocio, ya que el pago por el calibre es por cada renovación.

Se entrega una factura electrónica, dentro de la empresa se solicita la contratación del servicio vía telefónica y se inscribe la manufacturara junto a sus calibres agendando la fabricación de los nuevos calibres y la renovación luego de seis meses.

Por último, **la octava columna** corresponde a la situación de la industria luego de cinco meses usando los calibres, donde existen resultados positivos para la industria, el centro de control de calidad está contento y es felicitado por los gerentes de la fábrica. Los instrumentos están en la fecha de recambio por lo tanto dentro de la empresa se programa la fabricación de los calibres con anterioridad y a la fecha son entregados y retirados los antiguos que serían procesados por una empresa externa de reciclaje.

Cabe destacar que el servicio es una mezcla de compra personalizada online y sistema de fidelización marca/manufacturera.



*Asistente de control de calidad inspeccionando un codo de agua lluvia. Fotografía propia para el proyecto.*

## 8.2 Producto

Luego del testeo del proyecto se definió cómo iban a ser los productos finales del servicio, ya que se comprobó cuál era la necesidad real de los calibres, definiendo cuál era su forma adecuada, su color, su lugar de estar en los momentos de desuso, su precisión y la información necesaria en cada caso. Además, se definió cuál sería la máquina y método constructivo de fabricación de las piezas.

*Prototipos de calibres finales funcionales. Fotografía propia para el proyecto.*



# Método de fabricación

## Parámetros establecidos para la producción

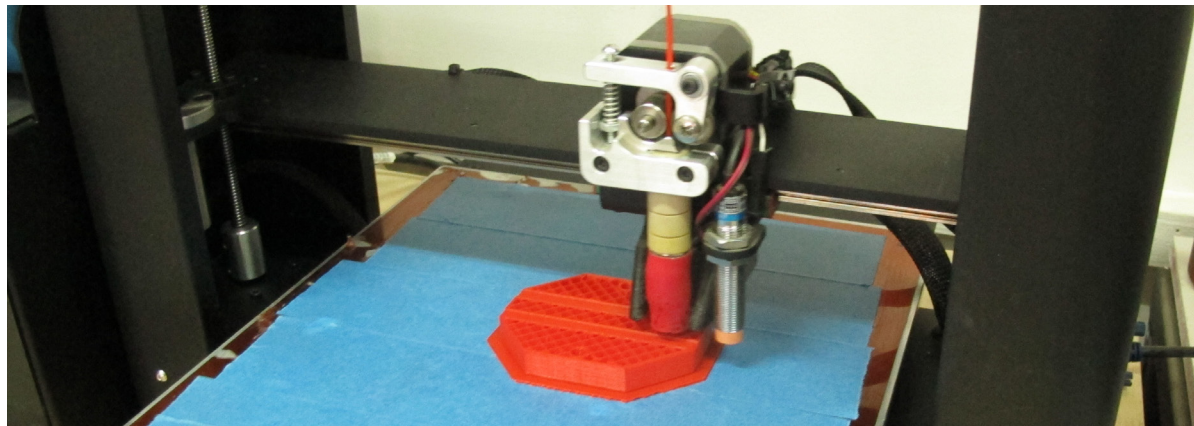
La impresora 3D más adecuada para el proyecto es la PrintrBot Plus, la cual es una máquina de alta precisión sin tener un altísimo costo tanto al comprarla como en la materia prima que usa, a diferencia de otras impresoras en estudio, las que podrían llegar a costar 75 millones de pesos. La máquina elegida cuesta 1, 2 millones de pesos y su insumo 29.000 pesos. Además, se descubrió la ventaja de imprimir con el polímero PLA, ya que necesita de menos calor para imprimirse, por lo tanto el plástico se expande menos y genera un producto con mayor precisión. Este material no se puede imprimir en las máquinas Stratasys. La PrintrBot con filamento PLA marca SUN tiene un rango de error de -0,09 milímetros por impresiones, por lo que para lograr 100% precisión se decidió agregarle a todos los modelos 3D finales 0,09 mm en sus dimensiones de inspección. Por ejemplo, si una medida era de 40 mm. en el modelo se diseñaba con 40,09 para que cuando se imprimiera quedara en 40 mm.

Por último, se definió el carácter constructivo de la fabricación de los productos, otorgándoles un porcentaje de material adecuado que se mantendrá en todos los productos, dándoles fuerza, dureza y estructura a los calibres, sin quitarles precisión ni tampoco subir su gasto en material.

A continuación se detallará todo el carácter constructivo de los calibres:

### Detalles carácter constructivo impresión

Material filamento	Plástico PLA Sun
Infill (relleno)	17%
Calidad	0.2 mm
Diseño de información	DIN Black en mayúsculas



Calibre prototipo imprimiéndose en PrintrBot Plus. Fotografía propia para el proyecto.



# Color

## Gama cromática funcional para el usuario

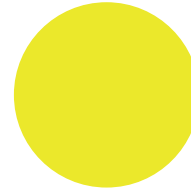
Se descubrió que existe la gran necesidad que los productos tengan un color característicos que los diferencie de los demás elementos presentes en las líneas de fabricación. Es por esto que se seleccionaron tres colores correspondientes a una gama fuerte. Esto genera que los productos se reconozcan a través de su tono como calibres de alta precisión y funcionales para la inspección en línea, fomentando de esta manera la marca, su necesidad y su uso.

El cliente podrá disponer de tres colores. Se le aconsejará no elegir alguno que tenga un aspecto similar a un producto que ellos realicen, sino que escogan el que sea totalmente contrario a sus productos en producción, ya que se podrían confundir con uno de estos elementos. Esto permite una mayor diferencia del calibre con la línea de producción.

Se eligieron **tres gamas diferentes** que estructuran al cliente a elegir un color fuerte y diferenciador, dándole la posibilidad de elegir dependiendo de los tonos de su producción. Estos fueron seleccionados a partir de un estudio de distintas publicaciones impresas de la funcionalidad de los colores.

### Amarillo

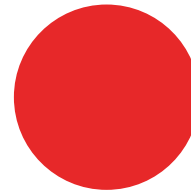
C: 10 R: 237  
M: 0 G: 232  
Y: 93 B: 45  
K: 0



“Para mi, amarillo es el color de la revolución. Está entre el verde y el rojo en el semáforo. Amarillo es un color lleno de energía y libertad” (Matthias Hoehne , Kelvin Color Today)

### Rojo

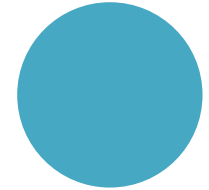
C: 4 R: 226  
M: 97 G: 43  
Y: 96 B: 40  
K: 0



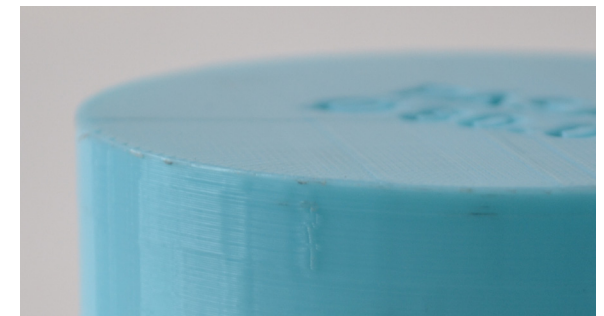
“Rojo es el color de la experiencia más elemental. Es el color del fuego y de la sangre. No existe otro color que se sienta tan fuerte como el rojo. Marcas que son rojas atraen la atención. Son agresivas, sensuales y tienen un efecto útil. Ferrari, Malboro y Coca-Cola por ejemplo están contentas al ser beneficiados por estos atributos.” (Robert Schaefer , Kelvin Color Today)

### Celeste

C: 66 R: 78  
M: 17 G: 167  
Y: 17 B: 194  
K: 0



A pesar de que el color celeste no tiene cualidades tan fuertes como el rojo y el amarillo, gracias al testeo se descubrió que es un color que logra gran diferencia dentro de los colores habituales en las líneas de producción, atrayendo la atención por ser un color que transmite paz y pureza ([www.colormatters.com](http://www.colormatters.com)).



Colores elegidos impresos. Fotografía propia para el proyecto.

# Sistema de enganche

## Opciones de acoplamiento a las líneas de producción

Se descubrió que existía la necesidad de que el calibre tuviera algún sistema de acoplamiento a las líneas de producción, ya que muchas veces este se perdía o no estaba en los momentos necesarios para la inspección. Además, este sistema fomenta la revisión de la producción y el orden del calibre en la máquina, ya que la línea de producción no tiene diseñado en la misma fabricadora un espacio para dejar esos instrumentos.

Se determinaron **dos sistemas de enganches**, los que serán utilizados en diferentes tipos de calibres, teniendo siempre uno de los dos disponibles para el uso.

**Sistema de enganche fijo:** este consiste en que los calibres deben tener diseñados dos agujeros en donde van a ir dos tornillos auto perforantes que al atornillarse sobre la máquina hacen un agujero en ella que fija el instrumento a la línea de producción, colocándolo en un lugar cómodo para el operario, donde hasta sin moverse de su puesto de trabajo pueda colocar el producto en producción en el calibre y revisarlo. Estos tornillos auto perforantes vendrán junto a los productos en su packaging de entrega.

**Sistema de enganche colgante:** consiste en que los calibres tenga un agujero en donde pasará una cuerda de acero de 5 milímetros, de un largo de 1,5 metros, que se amarrará a alguna parte de la línea de producción. Esto le permite al calibre ser funcional para las revisiones en donde el producto producido es grande y pesado, como un tubo, por lo que es preferible mover el calibre. Al igual que el sistema de enganche anterior la cuerda de acero vendrá junto a los productos en su packaging de entrega.



# Categorías

## Creación de la tipología de los calibres

Debido a que el proyecto se basa en un servicio donde cada cliente puede mandar a realizar diferentes calibres ante su propia necesidad de producción e industria, es necesario optimizar el proceso. Diseñar cada instrumento desde cero sería un problema, ya que para eso es necesario mucho tiempo. Es por esto que luego de hacer un análisis a los calibres utilizados actualmente en las manufacturas observadas se descubrió que existía una semejanza en las geometrías de los atributos a los cuales medir de todas las producciones. Por lo tanto, se trabajó en la estandarización de estas mediciones y se logró resumirlas en **cuatro categorías de formatos de calibres**, creando tipologías de calibres, teniendo algunas de ellas con sub categorías y creándole nombres a cada una de ellas.

Las cuales son:

1. **Anillo**, para la inspección de diámetros externos.

3. **Inserción**, para inspección de diámetros interiores teniendo tres sub categorías.

- a) Inserción vertical
- b) Inserción horizontal
- c) Inserción giratorio

2. **Contacto**, para la inspección de dimensiones externas

- a) Contacto fijo
- b) Contacto manual

4. **Caída**, para objetos variables, inspeccionado que entren por completo en alguna dimensión.

- a) Caída rectangular
- b) Caída circular

*Calibre en uso, de categoría caída fijo para la inspección del calce de tablas para piso. Fotografía propia para el proyecto.*



# Estandarización de la forma

## Geometría base para cada instrumento

Luego, para agilizar el proceso de diseño se estandarizó cada categoría creando un diseño estándar con dimensiones fijas que no interfieren en la inspección personalizada propiamente tal, pero si en el uso adecuado del instrumento y con algunas dimensiones variables que son las que entregaría el cliente para la inspección de sus producciones.

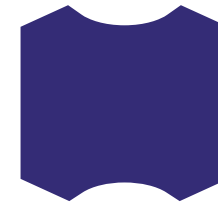
Los calibres tendrán una forma facetada en los lugares de manipulación y fijación a la maquina, en forma de un octágono en algunas categorías y en otras con verticales de tres caras de medios hexágonos y horizontales rectos. Estas ayudan al guiamiento de su uso, mejorando el agarre del producto, ya que son objetos pequeños y livianos, junto con la cualidad que no ruedan al dejarlos posados. Por último, la ganancia económica que al hacerlos así se gasta menos material en comparación con realizarlos circularmente.

Todos los calibres tendrán la fórmula de inspección “Pasa - No Pasa”, ya que se quiere fomentar la mejor manera de medir los atributos, por lo tanto se obliga a los clientes a crear los calibres y revisar los productos con sus rangos de tolerancias. De esta manera la calibración va a ser más correcta que si pusiera sólo una dimensión en el calibre. La única categoría que no tiene el sistema “Pasa - No Pasa” es la de caída, ya que lo que esta revisa es que entre en cierta dimensión y no tiene una rango de tolerancia, sino que sólo una dimensión máxima.

Finalmente, para que los calibres tengan algo propio entre todos -ya que no es posible colocarle el logo de la empresa para no desconcentrar y confundir al

usuario, además de que la mayoría tendrá distintas medidas y formas- se creó un sello de la marca que estará presente grabado en todos los calibres, identificando la procedencia de su fabricación. Este sello tendrá la forma isotipo de la marca grabado con la misma profundidad del diseño de información, que es dos milímetros.

Sello de la marca





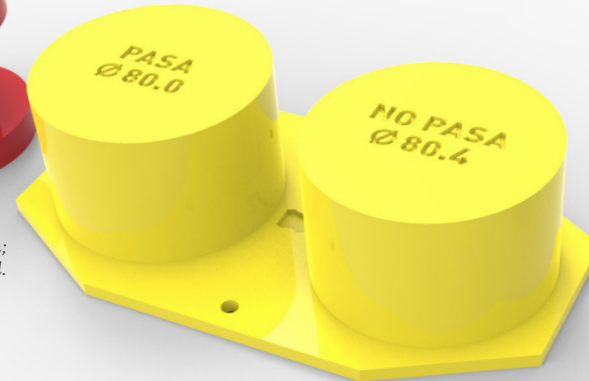


Render calibre de anillo.

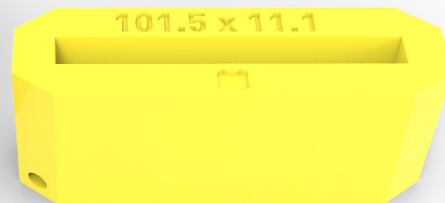
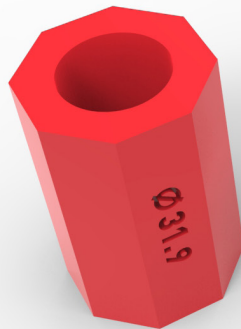


Render calibre de contacto; manual y manual.

En las siguientes páginas se detallará el diseño estándar de cada categoría de calibre, primero a través de renders visualizadores de la tridimensionalidad de la forma y luego se mostrarán planimetrías con las dimensiones fijas, marcando con una X las dimensiones modificables para cada industria.



Render calibre de inserción; giratorio, horizontal y vertical.

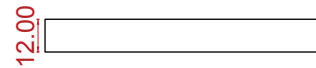


Render calibre de caída; circular y rectangular.

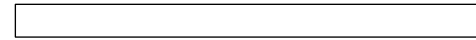


# Calibre de anillo

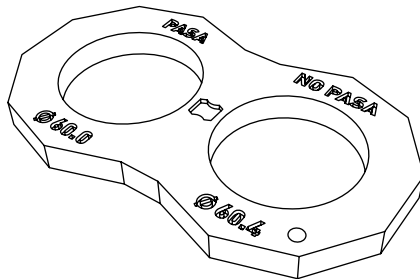
Vista frontal



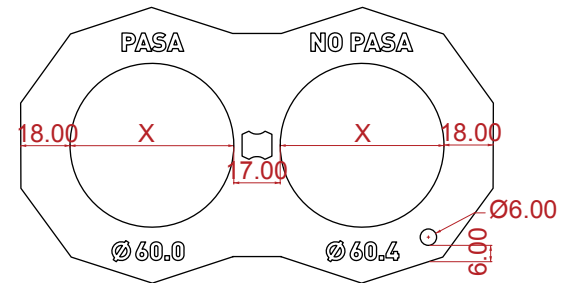
Vista lateral



Vista perspectiva

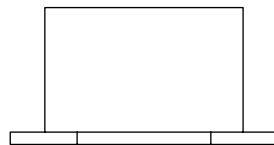


Vista planta

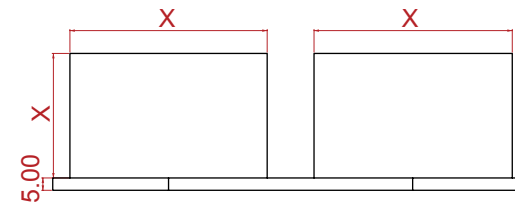


# Calibre de inserción horizontal

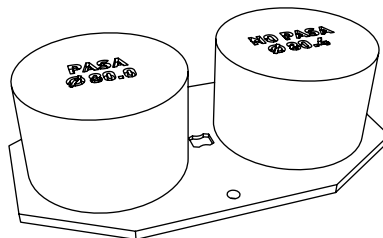
Vista frontal



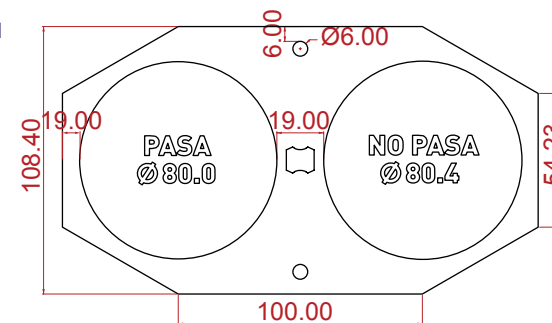
Vista lateral



Vista perspectiva

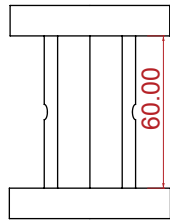


Vista planta

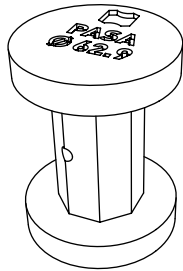


## Calibre de inserción giratorio

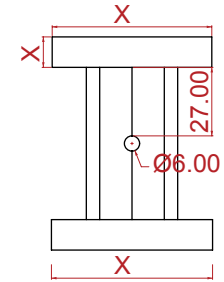
Vista frontal



Vista perspectiva



Vista lateral

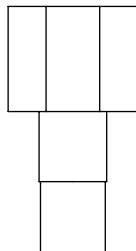


Vista planta

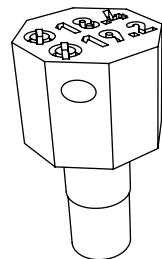


## Calibre de inserción vertical

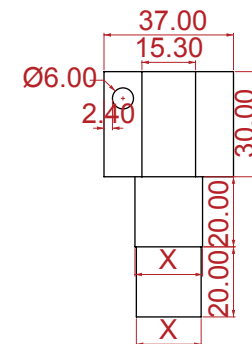
Vista frontal



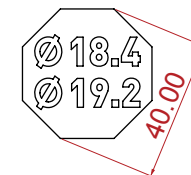
Vista perspectiva



Vista lateral



Vista planta



# Calibre de contacto manual

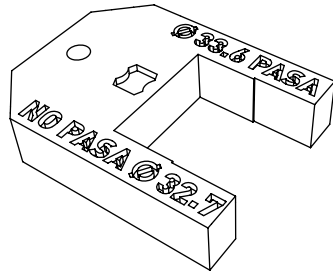
Vista frontal



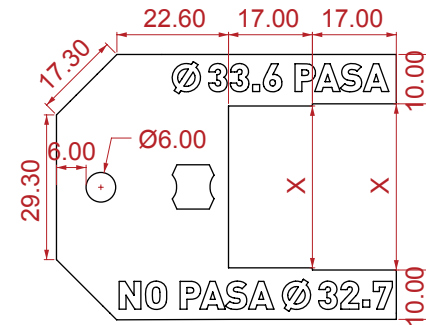
Vista lateral



Vista perspectiva

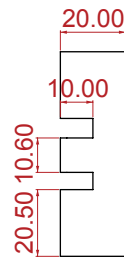


Vista planta

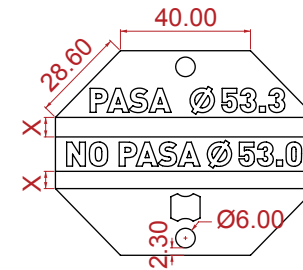


# Calibre de contacto fijo

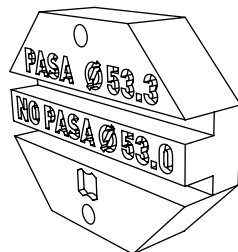
Vista frontal



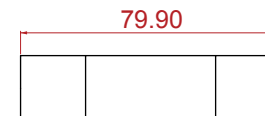
Vista lateral



Vista perspectiva

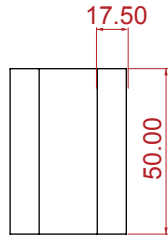


Vista planta

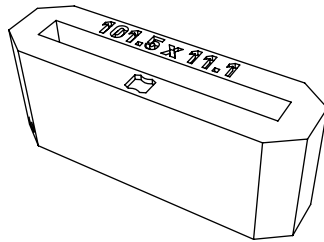


# Calibre de caída rectangular

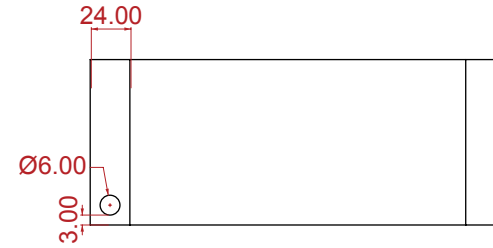
Vista frontal



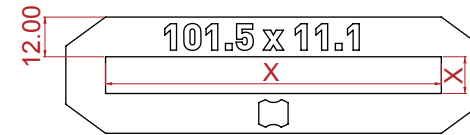
Vista perspectiva



Vista lateral

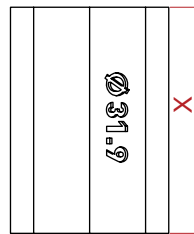


Vista planta

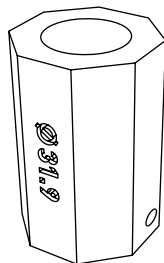


# Calibre de caída circular

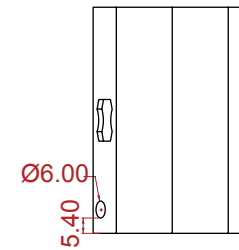
Vista frontal



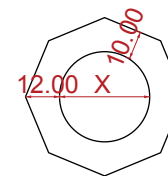
Vista perspectiva



Vista lateral



Vista planta

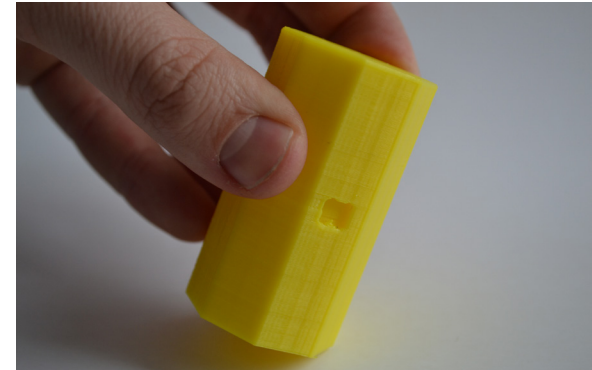
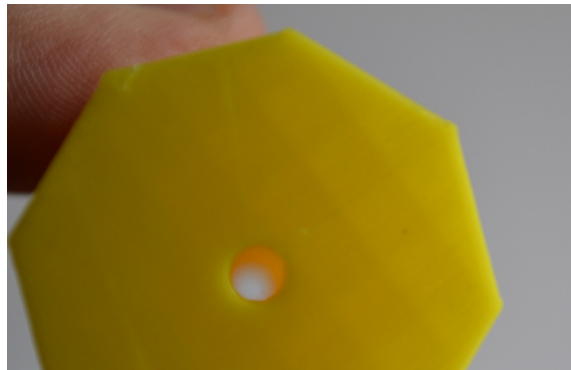
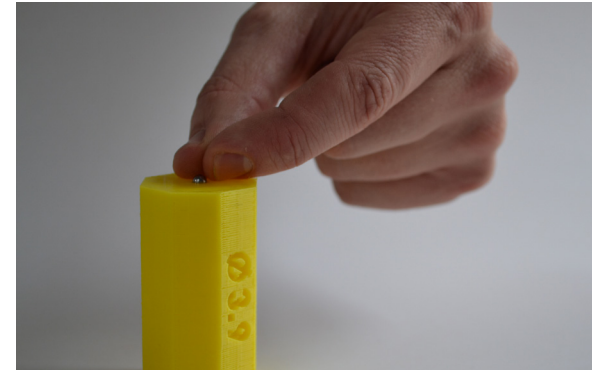


# Prototipos funcionales finales

## El producto real

Se realizaron tres calibres para verificar el real funcionamiento de los diseños mostrados anteriormente, fabricándose con todos los criterios de producción descritos anteriormente. Se buscó comprobar la funcionalidad de los instrumentos en todos los mercados de industrias manufactureras objetivas, teniendo ya cubierta el rubro de la producción de polímeros, con el calibre de inserción horizontal celeste utilizado en el testeo. Por lo tanto, se realizaron productos de diferentes categorías y materialidades, logrando excelentes resultados para cada uno.

El primer calibre será para inspeccionar el diámetro externo de las bolas de acero para un rodamiento. El segundo para controlar el grosor del macho de tablas para piso, las que deben ir calzando una con otra por su cara lateral. Por último, un instrumento para verificar el diámetro interno de una botella de vidrio de pisco fabricada por Cristal Chile en donde debe encajar el dosificador.



Calibre de caída circular. Fotografías propias para el proyecto.

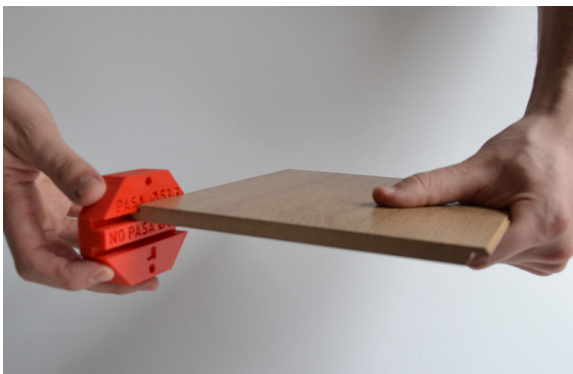


Calibre de caída circular. Fotografías propias para el proyecto.





Calibre de inserción vertical. Fotografías propias para el proyecto.



Calibre de inserción horizontal. Fotografías propias para el proyecto.

## 8.3 Imagen de Marca

A pesar de que el proyecto no se basa en un producto gráfico, ni tampoco su público objetivo se caracteriza por preferir a las empresas por su identidad, es necesario e importante que el proyecto cuente con un diseño de marca y una identidad visual, ya que en muchos casos se utilizan piezas comunicacionales para informar diferentes detalles o instrucciones al cliente, como la página web, algún tríptico informativo y el packaging. Además, toda empresa debe estar ligada a una marca que le de nombre y vida al proyecto, la cual debe estar diseñada con identidad que genere una imagen correcta y atractiva para los usuarios.

### Naming

Se decidió utilizar un nombre que fuera lo más genérico y directo posible, con la finalidad de que sea fácil de recordar y escritura para su búsqueda. A la vez, que guíe al lector rápidamente hacia el mundo en que se enfoca la empresa. Por último, que se lea en inglés para generar un ideario de marca extranjera que le da más valor y expertis al proyecto.

Es por esto que **el nombre elegido fue “3D-QC”**. Las siglas “3D” venidera de la palabra en inglés “tridimension”, buscan en la marca simbolizar el sistema de fabricación de los productos que son a través de modelos tridimensionales, posteriormente impresos en impresoras 3D. Luego, la sigla “QC”, que es una abreviatura internacional del control de calidad que en inglés significa “Quality Control”, informa que la empresa trabaja para el control de calidad. Por último, el “-” - “une estos dos mundos, definiendo así en cuatro letras lo que básicamente es el servicio.

### Logotipo

Una vez decidido el nombre, se determinaron ciertos criterios de identidad de la imagen de marca, ya que este proyecto es para usuarios que trabajan en la industria manufactureras con objetivos muy diferentes a una tienda de retail o un centro cultural. Por lo tanto debe ser sobria, que transmita confianza y profesionalidad, directa y que no demuestre ser una empresa con fines estilísticos o comerciales. El mundo industrial se basa en la contratación de empresas externas que tienen fines 100% funcionales para lo que las industrias producen.

Se eligió la tipografía Ciudadella en su variable Bold, porque transmite la seriedad necesaria para el proyecto, teniendo algunas curvas y grosores diferentes a las tipografías sobrias comunes que hacen que el logo transmita una identidad innovadora.

Luego, la tipografía se modificó para que tenga una identidad más propia de la marca, ajustándola el espaciado y cambiando la forma de la letra “Q”.

En temas de color se intentó trabajar con una paleta de colores que se adecue con el mundo en que se iba a usar, pero nunca se logró dar la seriedad necesaria y muchas veces provocaba el ideario de una marca de otro rubro. Por lo tanto, se definió que el color de la marca iba a ser una gama de negro que simboliza de mejor manera los objetivos.

Tipografía elegida:

## Ciudadella Bold

AaBbCcDeEeFfGgHhIiJjKkLlMmNn

ÑnOoPpQqRrSsTtVvWwXxYyZz

0123456789

Modificación tipografía

3D-QC

3D-QC

Formato final

3D-QC

Color:

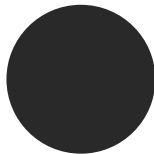
PANTONE 10399 C

R: 44 C: 69%

G: 41 M: 65%

B: 41 Y: 63%

K: 66%

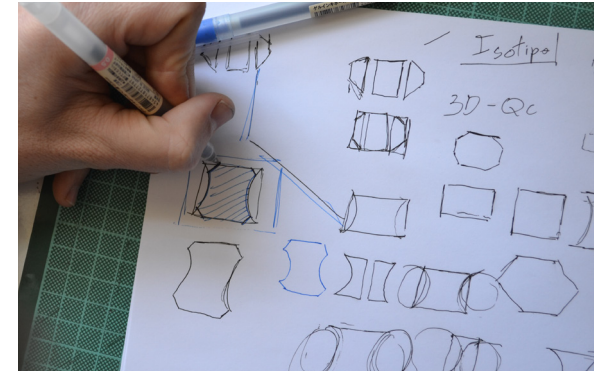


## Isotipo

Por otro lado, como se ha nombrado anteriormente todos los productos debían tener el logo de la empresa, con el fin de imprimirles un sello de procedencia, un valor de la marca hacia los productos y una identificación frente a eventuales competencias. Se decidió que este no podía ser escrito, ya que podría confundirse con el diseño de información. Además, muchas veces no hay espacio para colocarlo, por lo tanto quedaría bien pequeño y no se entendería.

En consecuencia se diseñó un isotipo que sirviera para poder grabarlo en todos los calibres como un sello único de la marca. Se rediseñó el “-” existente en el naming, manteniendo la estructura vertical para que no perdiera su funcionalidad, pero cambiando su grosor y su forma.

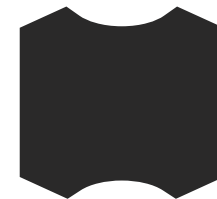
El desafío requería tomar en cuenta muchos criterios. Por un lado constructivos, tener un grosor apto para la impresión 3D y ajustable a diferentes formatos. Por otro gráfico, ser distintivo y único, teniendo una fácil legibilidad. La construcción costó mucho trabajo buscando diferentes abstracciones de los productos, como sus hexágonos, sus curvas y sus cambios de geometría, pero no se logró dar con una forma adecuada. Por lo tanto, se buscó en otros mundos ahora pensando más en mercado de la marca, abstrayendo diferentes formas presentes en las industrias objetivas. **Se concretó con la abstracción vectorial de una “Copla”**, la que corresponde a una pieza utilizada para unir diferentes tipos de mangueras o cañerías para pasar aire o líquido, muy usadas en los funcionamientos de las líneas de producción para el movimiento de piezas hidráulicas. Esta funciona perfectamente y simbolizaba además la unión entre estos dos rubros, el 3D y el QC.



Exploración sobre papel del diseño del isotipo.



Figura basada en el contorno de una copla industrial. Fuente: [www.sodimac.com](http://www.sodimac.com)



Diseño de isotipo.

## Bajada de marca

Por último, se decidió cual iba a ser el slogan del servicio, ya que debía haber una frase clave que definiera lo que es el servicio, de una manera resumida para que los lectores sepan de qué trata la empresa. Pasando por varias pruebas **se llegó a "Calibres Industriales Personalizados"**. Con sólo tres palabras logra definir la marca. Utilizando la tipografía industrial ya definida DIN Bold.

Isologotipo final

# 3D-QC

## Calibres Industriales Personalizados

Tamaños mínimos

3,5 cm.  
**3D-QC**  
Calibres Industriales Personalizados

2,4 cm.  
**3D-QC**

Área de seguridad



Aplicación en negativo



## 8.4 Página web

Diseño primordial de la página web del servicio utilizando la información recibida en el testeo, donde lo más importante era que fuese rápida, directa y con posibilidad de contacto inmediato con algún vendedor.







## 10 Financiamiento y proyecciones

“Las empresas de fabricación tienen una gran necesidad de utilizar los avances de tecnologías para mejorar la calidad del diseño y la calidad de los productos y servicios”  
(Karwowski & Salvendy, 1994).



# Financiamiento inicial

El proyecto tiene fines de lucro. Para sus primeros pasos sólo es necesaria la labor del director de la empresa y la recaudación de fondos a través de financiamientos del Estado, ya que se requieren inversiones iniciales de largo plazo, como la compra de una impresora 3D, la cual es muy costosa, pero que es la que da vida a la línea de producción de la empresa.

El proyecto tiene una estrategia para mantenerse en el tiempo gracias a sus propios ingresos. Sin embargo, necesita de un apoyo y/o aporte inicial para comenzar a desarrollarse y producir, ya sea de entidades privadas o públicas que ayuden a través de sus fondos concursables a la puesta en marcha de nuevos negocios con fines de innovación. Por ejemplo, la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO); Sercotec, en ayuda a micro empresarios; el proyecto FOSIS, que busca aumentar los ingresos; el proyecto “Jump Chile”, de la Pontificia Universidad Católica, que busca poner en marcha ideas provenientes de proyectos estudiantiles.

Por el momento este proyecto está en una etapa inicial, pero se ha comprobado que es una idea de negocio vendible y rentable, ya que cuenta con varios clientes interesados en la compra del servicio, como las industrias Vinilit y Wenco.

Como esta empresa tiene grandes cualidades para ser catalogada como un proyecto de innovación, la entidad que mejor podría ayudar, impulsar y orientar este emprendimiento sería CORFO, pues abarca todas sus necesidades.

El programa “Capital Semilla” es el más adecuado para el proyecto, ya que es un impulso a la puesta en marcha de emprendimientos con alto potencial de crecimiento ([www.corfo.cl](http://www.corfo.cl)). Esta es una entidad que ayuda mucho a fortalecer y plantear de mejor forma la idea en miras de un negocio. Entrega apoyo financiable en la adquisición de conocimiento relevante para el proyecto, en el desarrollo de un producto mínimo viable, en la prospección y validación comercial, en las actividades de constitución de una persona jurídica, en la protección de la propiedad intelectual e industrial, y en la difusión comercial ([www.corfo.cl](http://www.corfo.cl)).

El programa Capital Semilla entrega subsidios de hasta \$25.000.000, con un plazo de ejecución de 12 meses, lo que está por sobre los cálculos de los costos iniciales requeridos para dar inicio al proyecto de manera vendible.

# Primera etapa

El proceso de inicio de la empresa es de 12 meses, en donde se conforma en su totalidad desde diferentes aristas productivas. Inicia con las postulaciones a los fondos CORFO, enfocándose en el Capital Semilla, que como ya se ha explicado es el que más se acomoda a la etapa de creación del proyecto. Una vez ganados estos fondos la empresa podría establecerse para en un futuro mantenerse por si sola.

Luego, con este dinero que otorga el Gobierno para fomentar el emprendimiento, se invertiría en las llamadas inversiones físicas iniciales, es decir, gastos que tienen una utilidad a largo plazo y generan una sostenibilidad en el tiempo del proyecto, ya que la inversión grande ya fue realizada, como por ejemplo la compra de una impresora 3D, la compra del dominio, la página web, la motocicleta para el despacho, el registro legal de la marca, los instrumentos de inspección, los computadores de trabajo y por último la patente del proyecto.

Por otro lado están las inversiones físicas que no perduran en el tiempo, sino que son inversiones que se van agotando a través de su uso, como el filamento para imprimir y los empaques seguros, o tienen un tiempo límite como el arriendo del espacio para trabajar que cada mes se debe renovar – para este proyecto se propone el espacio colaborativo Maker Space- y también las publicidades en los medios, como en revistas industriales y en páginas web de los gremios de cada tipología de industria.

Por lo tanto, primero se calcularon las inversiones iniciales, que son los costos a largo plazo, los cuales serían pagados con la obtención de un fondo concursable de la CORFO. Se realizó un estimativo de estos gastos primarios y el valor fue de unos \$5.171.809, lo cual es positivo ya que está dentro del rango que entregaría el Capital Semilla.

Lo siguiente fue calcular cuáles eran los costos constantes mensuales, donde se consideran todas las inversiones a corto plazo que se utilizan por un mes o se contratan una vez al mes. Esto quiere decir el material para imprimir, la bencina para el transporte, etc. A la vez se integraron los costos por salarios cuando el negocio esté solo comenzando, ya que se va a tener que contratar a un modelador 3D que modifique los calibres estándares con las dimensiones dichas por cada industria y el director de la empresa, dueño de esta misma, también va a tener un sueldo fijo, ya que de esta manera se puede tener un orden en las utilidades de la empresa notificando cuantitativamente cuántas son las ganancias para luego hacer crecer el negocio.

Se concluyó que el costo total mensual de la marca sería de \$1.141.620, lo que no corresponde a una cifra tan alta, que permitió sacar una referencia para el valor de cada calibre.





<b>Inversiones Iniciales costeados con CORFO</b>	
Impresora 3D	\$1.200.000
Plantilla pagina web	\$90.000
Dominio web	\$40.000
Trasporte	\$1.100.00
Computador de modelado	\$415.000
Compra de información	\$682.570
Instrumento de inspección	\$248.789
Registrol legal de la marca	\$130.000
Patente del proyecto	\$1.200.000
<b>Total</b>	<b>\$5.171.809</b>

<b>Costos constantes mensuales del servicio</b>	
Servicio tecnico	\$35.000
Oficina maker space	\$80.000
Salario despechador	\$250.000
Servicio comunicacional	\$259.900
Salario director	\$500.000
Salario modelador fabricante	\$350.000
<b>Total</b>	<b>\$1.474.900</b>
<b>Total en 12 meses</b>	<b>\$17.698.800</b>

# Equipo

La primera etapa implica un levantamiento de información de los contactos de centros de control de calidad de las industrias objetivas en Chile y en el mundo, si es que se requiere ampliar aun más el mercado, teniendo como industrias de enfoque las que se nombraron anteriormente, como mercados que crean productos físicos con polímeros, con metal, con vidrio y con madera. Es necesario tener personal contratado para la búsqueda de contactos, presentación del servicio y luego la venta de este.

Por lo tanto, se deben tener **dos divisiones dentro de la gestión de los productos**, al igual como sucede con los grandes negocios. Por un lado, está toda la búsqueda y contacto de los centros de control de calidad de todas las manufactureras del mundo, que es un trabajo muy importante que requiere ir a las fábricas, venderles el servicio y enseñarles a utilizar la página web, debido a que las industrias funcionan con un sistema personalizado y necesitan de un contacto directo con la marca, tal como se señaló en el diseño de servicio. Para esto estará a cargo el director de la empresa y un vendedor contratado.

Por otro lado, está la gestión de la producción de los calibres, ya que cuando se concreta un cliente este mandaría a hacer cierto número de calibres, donde el que recibe el pedido es el vendedor o en algunos caso de clientes más especiales el director, ya que se busca la fidelización del trabajador de la empresa con los clientes. De esta forma estar atento a todas sus necesidades de calibración, donde siempre la industria (el cliente) tenga alguien a quien llamar personalmente.

Luego, el vendedor envía la categoría y las dimensiones específicas de cada calibre a un trabajador contratado, encargado de la modelación de los calibres, lo que no es un trabajo que requiere tanta dedicación, ya que los calibres vienen con dimensiones predeterminadas por categoría y sólo se deben cambiar algunas propias de la inspección de cada industria. En unos años más esto se podría hacer automatizado, en donde el cliente al interactuar con la página web envíe un archivo listo para imprimir con las dimensiones solicitadas. El gestor de la producción de los calibres con las diferentes impresoras 3D de la marca es también el encargado de limpiar, perfeccionar y purificar los calibres luego de ser impresos, ya que siempre al fabricarse quedan con pequeños detalles que deben ser perfeccionados, además de inspeccionar si es que los productos están con las medidas. Además, estaría a cargo de la mantención de estas máquinas, revisando que estén imprimiendo de la forma más precisa posible. En los momentos en que las máquinas están imprimiendo los calibres, el encargado modelará los siguientes productos y perfeccionará los ya impresos.

Por último, está el encargado de los despachos de los instrumentos de medición a las diferentes industrias, que es una persona contratada para que con un motocicleta reciba de parte del fabricante los calibres, los envuelva en el packaging de seguridad estándar que tiene la marca y luego los despache a las diferentes industrias que contrataron el servicio. Es necesario recalcar que en la mayoría de los casos los clientes tienen sus plantas fabricadoras en las periferias de la ciudad, por lo tanto los despachos requieren tiempo y gasto que se tienen que considerar.

Este es el **marco ideal de la empresa** cuando ya esté a un nivel de avance medio, con ya más de 10 clientes fijos contratando el servicio diariamente, que requerirán de un funcionamiento constante de las impresoras 3D y del trabajo de cada miembro del equipo. Pero los primeros pasos que se deben dar es que el director obtenga el Capital Semilla nombrado anteriormente, para que de esta manera se pueda tener una amplitud productiva, pudiendo comprar las inversiones iniciales, como una impresora PrintrBot, la que es esencial para surgir y no tener que pagar por servicios externos para imprimir, además de muchos otros gastos. De esta manera crecer en clientes y en credibilidad del proyecto, postulando a mayores fondos que expandan el equipo de trabajo.

# Sistema de costos e ingresos

La empresa tendrá gastos fijos que van a ir aumentando en la medida que vaya creciendo, como la compra del material para imprimir y el contrato de personal para ayudar con las diferentes labores, ya que el pedido de calibres aumentará y se necesitará de más manos para que el proyecto crezca de buena manera.

El cuánto cobrar va a tener cierta estructura basada en la cantidad de material necesario por cada calibre mandado a hacer por cliente. Se contarán cuatro costos fijos determinados por la cantidad gramos necesarios para la impresión, los que además van de la mano con el tiempo utilizado de la máquina de fabricación y el desgaste de ella misma. Es por esto que serán precios fijos por rango de volumen, para valorizar a todos de la misma forma, ya que todos tienen la misma función de inspeccionar los atributos de los productos y no se quiere vender piezas con grandes diferencias de precio porque se desprestigiaría el instrumento de menor volumen.

Como se expuso anteriormente la impresora que se va utilizar será la PrintrBot Plus, que tiene un volumen de impresión máximo de 25cm x 25cm x 25cm, equivalente a 15.625cm<sup>3</sup>. El peso de calibre máximo a imprimir es de 980 gramos, lo que equivale a 26 horas de impresión. Por lo tanto, se puso como límite de peso este, pero las diferentes categorías se determinaron gracias a la experiencia con los testeos anteriores de las variables de peso y tiempo de impresión de los productos.

Es así como se concretó que las categorías para la estandarización de precios serían desde los 0 a los 150 gramos, las que son piezas con un máximo de impresión de tres horas, que es el más solicitado. Luego, de 151 a 300 gramos, las que son piezas con un tiempo de fabricación de ocho horas aproximadamente. Después, de 301 a 450 gramos, las que tienen un tiempo de fabricación de hasta 15 horas. Por último, desde 450 a 980, las que tienen una baja solicitud al ser de un mercado muy específico.

Se determinó que los costos de cada categoría de calibres serían establecidos principalmente por el uso de filamento de cada volumen, la cantidad de tiempo de uso de la impresora y del servicio de la marca, agregando además un margen de ganancia del 50%. De esta forma quedarían todos los precios más bajos que los calibres metálicos usados actualmente por las industrias y por encima de las competencias de calibres de baja calidad, lo cual es muy bueno.

Precios finales de los productos:

Calibres pequeño 0-150 gr.  
**\$48.227**

Calibre mediano de 151-300 gr.  
**\$64.584**

Calibre grande 301-450 gr.  
**\$80.955**

Calibre extra grande de  
451- 980 gr.  
**\$80.955**

## Detalles costos y precios de productos

Costos calibre pequeño 0-150gr.	
Filamento	\$4.350
Empaque	\$850
Trasporte	\$731
Servicio de impresión	\$26.220
<b>Total</b>	<b>\$32.151</b>
Margen de ganancia 50%	1.5
<b>Precio Final</b>	<b>\$48.227</b>

Costos calibre mediano 151-300gr.	
Filamento	\$8.700
Empaque	\$850
Trasporte	\$731
Servicio de impresión	\$32.775
<b>Total</b>	<b>\$43.056</b>
Margen de ganancia 50%	1.5
<b>Precio Final</b>	<b>\$64.584</b>

Costos calibre mediano 301-450gr.	
Filamento	\$13.059
Empaque	\$850
Trasporte	\$731
Servicio de impresión	\$39.330
<b>Total</b>	<b>\$53.970</b>
Margen de ganancia 50%	1.5
<b>Precio Final</b>	<b>\$80.955</b>

Costos calibre e. grande 451-980gr.	
Filamento	\$17.400
Empaque	\$850
Trasporte	\$731
Servicio de impresión	\$45.885
<b>Total</b>	<b>\$64.866</b>
Margen de ganancia 50%	1.5
<b>Precio Final</b>	<b>\$97.229</b>

## Producción en 12 meses

	Clientes	Calibres pequeños	Calibres medianos	Calibres grandes	Calibres e. grandes	Ganancia total	Utilidad total
Mes1	1	8	5	0	0	\$708.732	\$-766.168
Mes2	2	15	7	1	0	\$1.256.441	\$-218.460
Mes3	3	16	8	4	0	\$1.612.116	\$137.216
Mes4	5	19	9	4	1	\$1.918.679	\$443.779
Mes5	8	25	11	5	2	\$2.515.460	\$1.040.560
Mes6	10	27	13	6	2	\$2.822.036	\$1.347.136
Mes7	11	32	18	6	3	\$3.483.387	\$2.008.487
Mes8	14	38	17	8	2	\$3.772.773	\$2.297.873
Mes9	16	40	19	6	3	\$3.933.783	\$2.458.883
Mes10	18	45	21	8	4	\$4.563.293	\$3.088.393
Mes11	19	48	22	12	5	\$5.193.675	\$3.718.775
Mes12	21	52	23	14	7	\$5.807.673	\$4.332.773
<b>Total</b>	<b>128</b>	<b>365</b>	<b>173</b>	<b>74</b>	<b>29</b>	<b>\$37.588.046</b>	<b>\$19.889.246</b>



# Buisness Canvas

Alianzas claves	Actividades claves	Propuesta de valor	Relación con el cliente	Segmentos de clientes
<p>Cesmec</p> <p>PrintrBot</p> <p>Asipla</p> <p>Corma</p> <p>Aprim</p> <p>Asimet</p> <p>Achival</p>	<p>-Diseño de piezas</p> <p>-Impresión</p> <p>-Inspección de precisión</p> <p>-Despacho</p> <p>-Contacto con Centros de Control de Calidad</p> <p>-Publicidad en medios industriales</p> <p>-Ferias industriales</p> <p><b>Recursos claves</b></p> <p>-Base de datos</p> <p>-Impresora 3D</p> <p>-Filamento PLA</p> <p>-Computador de modelado</p> <p>-Sitio web</p>	<p>-Mejorar la calidad de la producción.</p> <p>-Bajar la cantidad de rechazos.</p> <p>-Tener un control en línea de la producción.</p> <p>-Bajar tiempos de calibración e inspección.</p> <p>-Aumentar la tecnología en los instrumentos de verificación.</p>	<p>-Contacto directo</p> <p>-Confidencialidad</p> <p>-Servicio 24/7</p> <p><b>Canales</b></p> <p>-Cesmec</p> <p>-Web (sitio web, gremios)</p> <p>-Revistas</p> <p>-Ferias</p>	<p>- Mediana alta industria de producción física.</p> <p>- Manufacturera de productos derivados de: polímeros, metal, vidrio y madera.</p> <p>- Producciones con un rango de error hasta la decima de milímetro</p>
<b>Costos</b>			<b>Ingresos</b>	
<p>Personal: Vendedores - Modeladores - Manufactureros</p> <p>Producción: Diseño + Impresión + Packaging Despacho</p>			<p>Calibres + Duplicados + Reposición</p>	





# Conclusiones

Luego de un extenso proceso de investigación durante la primera etapa del proyecto, ahondando en todo lo que es el control de calidad industrial, se descubrieron diferentes aristas que comprometen este tipo de revisión, recalcando lo importante que es para todas las industrias comprobar si es que sus productos se están fabricando con sus características de manera correcta.

Para llegar a esto investigó desde lo más a general a lo más particular, definiendo qué es el control de calidad y detallando sus sistemas de inspección, para poder llegar así con bases al tema principal. Este trataba sobre los instrumentos de medición para el control de calidad, centrándose en los utilizados para verificar los atributos de los productos en producción.

Se realizó una exhaustiva investigación, única y privilegiada de los calibres utilizados por diferentes industrias en Chile, asegurando que estos sí existen en la industria y que no son un invento propio del proyecto. En algunos lugares los calibres son realizados por ellos mismos de manera imprecisa. En otros son mandados a fabricar a matricerías o tornerías, entregando instrumentos con formas basadas en planchas o varas, lo cual perjudica la ergonomía al momento de inspeccionar. Por último, existen industrias que tienen la necesidad, pero no han encontrado al fabricante correcto.

Además, se descubrió que en Chile las manufactureras no funcionan como uno tiende a creer que funcionan, de manera automatizada en donde todas las producciones sólo necesitan de un sensor computarizado que revise los productos. En Chile la producción masiva se basa lo que es llamado como “Industria Mediana Alta”, la cual produce en grandes cantidades, pero no realiza la producción 100% automatizada, ya que siempre existe un trabajador de por medio que tiene que estar revisando la calidad del producto, recibir las producciones para embalarlas o calibrar la máquina que todo el tiempo va variando, lo cual perjudica la producción.

Es así como se reafirmó que la creación de un servicio que otorgue a cada industria piezas especialmente diseñadas para ellas, verificando de una manera física si el producto se está realizado de manera correcta, es una necesidad industrial. Por lo tanto, se crearon cuatro categorías bases de calibres, debido a que siempre se repiten los formatos de medición, a pesar de que son diferentes industrias con productos totalmente distintos.

Por último, es necesario recalcar la importancia de este proyecto para la fabricación masiva, ya que casi todo lo que utilizamos a diario es producido en alguna industria manufacturera que debe o debería tener un sistema de control de calidad por atributo lo más correcto y preciso posible de una manera física. Por lo tanto, de sólo pensar en la cantidad de productos que se pierden por tener una falla mínima, el tiempo y dinero que se gasta durante producciones que luego se rechazan porque tenían un sistema de control de calidad mediocre, hace darnos cuenta que este servicio tiene un gran campo para abarcar y ayudar.





## 11 Bibliografía

“Tus calibres nos van a servir y bastante, porque yo puedo tomar acciones a tiempo antes de fallar con algún producto. Nos ha sucedido que se nos corta el agua y no nos percatamos. Entonces, como va estar este calibre y va estar la persona utilizándolo reiteradamente se va a percatar de inmediato del problema y lo va solucionar al instante” (Aravena, comunicación personal, 3 junio de 2016).

# 8.1 Bibliografía

## Escritos

Lira, I. (1997). Una sana medida. Santiago, Chile: Dolmen Ediciones.

Robinson, A. (2007). Metrum La historia de las medidas. Barcelona, España: Paidós Ibérica.

Tanguchi, G., Elsayed, E., Hsiang, T. (1989). Quality Engineering in Production Systems. Estados Unidos: McGraw-Hill.

Groover, M. (1997). Fundamentos de Manufactura Moderna. Naucalpan de Juárez, Mexico: Prentice-Hall Hispanoamericana.

Susman, G. (1992). Integrating Design and Manufacturing for Competitive Advantage. Nueva York, Estados Unidos: Oxford University Press.

Karwowski, W, Salvendy, G. (1994). Organization and Management of Advanced Manufacturing. Nueva York, Estados Unidos: Wiley Interscience.

Oppenheimer, A. (2014). Crear o Morir: La esperanza de Latinoamérica y las cinco claves

de la innovación. Santiago, Chile: Penguin Random House Group.

Centro Español de Metrología. (2012). Vocabulario Internacional de Metrología Conceptos fundamentales y generales, términos asociados. Recuperado de: <http://www.cem.es/sites/default/files/vim-cem-2012web.pdf>

Shaoqiang, W. (2014). INFOGRAPHICS: Designing and Visualizing Data. Barcelona, España: PROMOPRESS.

Knight, C, Glaser, J. (2011).DIAGRAMAS: Grandes ejemplos de la infografía contemporánea. Barcelona, España: Gustavo Gili.

Viction:ary. (2014).GRAPHIC DIGITS: New typographic approach to numerrals. Hong Kong, China: Viction:ary.

Dent, A, Sherr, L. (2014). Material Innovation: Product Design. Nueva York, Estados Unidos: Thames and Hudson.

Abellán, m. (2012). Release: Previously Unreleased Projects. Barcelona, España: Monsa.

Klanten, R., Brumnjak, B., Ehmann, S. (2007). Kelvin: color today. Alemania, Berlín: Die Gestalted Verlag.

## Revista

Cortez, K. (2015, noviembre 9). Impresión 3D toma forma en Chile. Diario Financiero, p. 166.

Prieto, C. (2016, mayo 9). Impresión 3D toma forma en Chile. La Tercera, p. 166.

Hover, E. (1943, diciembre). Snap Gage for Cheking Treads Combines “Go-No Go” Limits. Popular Mechanics, p. 60.

## Web

Badadhe, A. (2006). Metrology and Quality Control. Recuperado de: <https://goo.gl/15iftV>

Todos Somos Clinetes. (2014). Calidad. 25 Frases Inspiradoras. Recuperado de: <http://goo.gl/3w7Sxt>

Wikipedia Commons. (2014). BIMP courtyard. Recuperado de: <https://goo.gl/KK9qKP>

Sabidurias. Citas y frases celebres con ‘medida’. Recuperado de: <http://goo.gl/FcLF7W>

Historias y Biografías. Definición Metro Patrón de longitud Sistema Internacional de Medidas. Recuperado de: <http://goo.gl/MJgic9>

Wenco. Quienes somos. Recuperado de: <http://www.wenco.cl/sobre-nosotros/>

FOSKO. ¿Quienes somos?. Recuperado de: <http://fosko.cl/empresa.asp>

Espinosa, F. Ajustes y tolerancias mecánicas. *Pequeñas charlas para montaje industrial*. Recuperado de: <http://goo.gl/pbuu76>

Vinilit S.A.. Quienes somos. *Nuestra Empresa*. Recuperado de: [http://www.vinilit.cl/index.php/vinilit/quienes\\_somos](http://www.vinilit.cl/index.php/vinilit/quienes_somos)

Asipla. Socios. Recuperado de: <http://www.asipla.cl/category/socios/>

Cristal Chile. Nuestra Empresa. Recuperado de: <http://goo.gl/mgpgYo>

Creus, A. (2011). Instrumentación Industrial. Recuperado de: <https://goo.gl/Iwb9JG>

SII. (2016). Empresas. *Estadísticas*. Disponible en: <http://www.sii.cl/estadisticas/empresas.htm>

INE. (2014). Chile estadístico. *Económicas*. Disponible en: [http://www.ine.cl/canales/chile\\_estadistico/familias/economicas.php](http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/familias/economicas.php)

100 besttypefaces. 20 Din Ludwing Goller 1926. *100 besttypeface*. Recuperado de: [http://www.100besttypefaces.com/20\\_DIN.html](http://www.100besttypefaces.com/20_DIN.html)

Herrmann, R. (2008). Traffic Sign Typefaces: DIN 1451 (Germany). Recuperado de: <https://typography.guru/journal/traffic-sign-typefaces-din-1451-germany-r33/>

Fonts in use. FF DIN in use. Recuperado de: <http://fontsinuse.com/typefaces/2422/ff-din>

Prepressure. DIN. Recuperado de: <http://www.prepressure.com/fonts/interesting/din>

All3DP. (2016). History. *Stratasys: Company Profile in 11 Facts*. Recuperado de: <https://all3dp.com/stratasys/>

Guerra, F. Vallejo, H. Aplicaciones del PLA. *Acido poliláctico*. Recuperado de: <http://www.eis.uva.es/~macromol/curso08-09/pla/Pag%20web/acido%20polilactico.html>

Ampudia, M. ¿Qué es el PLA y por qué resulta interesante en impresión 3D?. *PLA. Material, interés y consejos de impresión*. Recuperado de: <http://www.dima3d.com/pla-material-interes-y-consejos-de-impresion-3/>

Stratasys. ABS-M30. *FDM*. Recuperado de: <http://www.stratasys.com/materials/fdm/abs-m30>

Engatech. The difference Between FDM and Polyjet Technology in 3D Printing. Recuperado de: <http://engatech.com/difference-fdm-polyjet-3d-printing/>

Engatech. The difference Between FDM and Polyjet Technology in 3D Printing. Recuperado de: <http://engatech.com/difference-fdm-polyjet-3d-printing/>

Ecured. Micrómetro. *Instrumentos de medición*. Recuperado de: [http://www.ecured.cu/Micr%C3%B3metro\\_\(instrumento\)](http://www.ecured.cu/Micr%C3%B3metro_(instrumento))

Service Design tools. Tool Blueprint. Recuperado de: <http://www.servicedesigntools.org/tools/35>

Color Matters. Blue: The Meanings of Blue. *Light (sky) blue*. Recuperado de: <http://www.colormatters.com/the-meanings-of-colors/blue>

Printbot. 3D Printers. *Plus*. Recuperado de: <http://printbot.com/product-category/3d-printers/metal-plus/>

## Entrevistas

Sonsa, V. Comunicación personal. (22 abril de 2015).

Pulgar, M. Comunicación personal. (11 mayo de 2015).

García, F. Comunicación personal. (1 junio de 2015).

Jaramillo, W. Comunicación personal. (26 junio de 2015).

Caseres, J. Comunicación personal. (26 agosto de 2015).

Castillo, M. Comunicación personal. (5 octubre de 2015).

Sandoval, J. Comunicación personal. (8 octubre de 2015).

Lira, I. Comunicación personal. (21 octubre de 2015).

Mac Cawley, A. Comunicación personal (22 octubre de 2015).

Contreras, J. Comunicación personal. (2 noviembre de 2015).

Contreras, J. Comunicación personal. (10 noviembre de 2015).

Manriquez, I. Comunicación personal. (28 marzo de 2016).

Gatica, P. Comunicación personal. (14 mayo de 2016).

Castec, F. Comunicación personal. (20 mayo de 2016).

Castec, F. Comunicación personal. (20 mayo de 2016).

Pulgar, M. Comunicación personal. (12 abril de 2016).

Pulgar, M. Comunicación personal. (14 mayo de 2016).

Gatica, P. Comunicación personal. (3 junio de 2016).

Aravena, P. Comunicación personal. (20 mayo de 2016).

Aravena, P. Comunicación personal. (3 junio de 2016).

Gracia, F. Comunicación personal. (1 mayo de 2016).

Espinoza, F. comunicación personal, 29 junio de 2016.

# Anexo 1 pauta de entrevistas

Entrevista a Marcia Castillo, Auditora de Procesos de Fosko

- ¿Cuánta vida útil tienen los calibres?
- ¿De qué materiales están hechos? Acero.
- ¿Cada cuánto se utilizan estos instrumentos (horas, días, años)?
- ¿La mayoría de estos son fabricados por ustedes o son mandados a hacer a otro lugar, si es que se puede un porcentaje estimativo?
- ¿Cada cuánto manda a calibrar estos instrumentos?
- ¿Qué tipos de calibre tienen en su industria?

Entrevista a Walter Jaramillo, encargado general de Control de Calidad Comberplast

- ¿Cuánta vida útil tienen los calibres?
- ¿De qué materiales están hechos? Acero.
- ¿Cada cuánto se utilizan estos instrumentos (horas, días, años)?
- ¿La mayoría de estos son fabricados por ustedes o son mandados a hacer a otro lugar, si es que se puede un porcentaje estimativo?
- ¿Cada cuánto manda a calibrar estos instrumentos?

Entrevista a Maximiliano Jiménez, encargado de metrología Cristalerías Toro

- ¿Cuánta vida útil tienen los calibres?
- ¿De qué materiales están hechos? Acero.
- ¿Cada cuánto se utilizan estos instrumentos (horas, días, años)?
- ¿La mayoría de estos son fabricados por ustedes o son mandados a hacer a otro lugar, si es que se puede un porcentaje estimativo?
- ¿Cada cuánto manda a calibrar estos instrumentos?

Entrevista a Ignacio Lira, profesor de metrología en la Escuela de Ingeniería en la Universidad Católica.

- ¿Cómo funciona a calibración?
- ¿Los patrones te sirven para verificar si está bien una medida?
- ¿Qué es la incertidumbre?
- ¿Los calibres en el extranjero?
- ¿Galga o calibre?
- ¿Marca de calibres?
- ¿BIPM es el laboratorio máximo y por que es el máximo laboratorio y es ese y no uno en USA?
- ¿Después del BIPM q estaría más abajo?
- ¿El instituto de normalización ellos hacen

las normas para que la industria funcione con ciertas reglas?

¿Muchos calibres se hacen de lo que dice la norma?

Entrevista a Alejandro Mac Cawley, profesor de Gestión de Operaciones de la Escuela de Ingeniería en la Universidad Católica.

¿Quiero aprender cómo se utilizan en distintas industrias los calibres?

¿Pero no hay que ver el error del producto sino el proceso?

¿Te saltas el calibre en control del proceso?

¿Pero todo lo anterior es dentro del maquinizado, ya lo que yo lo he visto dentro de la industria esta la calibración dentro de la máquina pero para la verificación si el objeto esta saliendo bien esta la “gaugue”?

¿En Alemania o Estados Unidos tienen calibres físicos?

¿Por qué las industrias chilenas las que yo e ido a visitar utilizan muchos calibres físicos para saber si están dentro de las tolerancias?

¿Los de Estados Unidos no tiene calibres metálicos como los de Vinilit?

Entrevista José Contreras Hermosilla Encargado Metrología Cristal Chile.



¿Usted es el encargado de mandar hacer los calibres?

¿Es muy caro mandar hacer uno de estos calibres?

¿Esto ustedes lo realizan para verificar se la máquina lo está realizando bien?

¿Les dan la confianza los calibres que tiene ahora?

¿Si se cae uno de sus calibres pierde utilidad?

¿Les cuesta mandar ha hacer calibres?

¿Ellos se dedican hacer calibres o es un pituto para ellos o algo por el estilo?

## Encuestas testeo

Para el encargado general de control de calidad:

### Primera Visita

- ¿Usted cree que el operario pueda tener el calibre en la línea de producción?

- Esto fue realizado pensando en los rangos de tolerancias en donde el “no pasa” es un micrómetro pasado el máximo.

- Antes ustedes utilizaban unos calibres pesados, grandes y poco manipulables. ¿Esto (mostrando un calibre ejemplo) es más útil?

-Quiero hacer un servicio en donde usted o algún asesor de control de calidad ingrese a una página web y ponga los valores de tole-

rancia de algún producto, creando así una solicitud de calibre y que en cinco días le llegue a su industria. Además, quiero que cada tres meses esto se vaya renovando.

- ¿Ustedes contratan algún tipo de servicio?

-¿A qué tipo de industrias debería abarcar este servicio?

- ¿Cuánto le costaba mandar a hacer los calibres anteriores?

-¿Cuál es el porcentaje de pérdidas por líneas?

-Si es que yo le entrego estas piezas ¿Usted ya no la va a revisar?

### Segunda Visita

¿Le da confianza el producto?

¿Cuántas copias de estos calibres le gustaría tener?

¿Prefiere este calibre o los antiguos que usaba, los metálicos?

¿Qué le cambiaría o agregaría al diseño del calibre?

¿Tiene dudas sobre sus dimisiones?

### Tercera Visita

Para el operario.

- ¿Le facilita el trabajo el instrumento de medición o encuentra que es ponerle más

trabas a su trabajo?

- ¿Le acomoda la forma del instrumento al tomarlo?

- ¿Qué cambios le haría al calibre? ¿Qué le agregaría para que le facilite el uso y lo motive a inspeccionar una mayor cantidad de veces?

- ¿Cada cuántos productos los utiliza?

- ¿Cómo se daba cuenta anteriormente de los errores de los productos?

- ¿Alcanza a leer lo que sale escrito en el instrumentó? ¿Le gustaría que indique mayor información?

- ¿Dónde deja el instrumento cuando no lo está usando?

- ¿Sabe lo que significa el sistema “pasa - no pasa”?

- ¿De qué material prefiere el calibre? ¿Metálico o plástico como este?

- ¿Le gustaría que estos calibres fueran de un color específico para cada producto?

# Anexo 2 documentos Cesmec

## CONTROL DIMENSIONAL SMC – 43716

Solicitante : **NICOLAS VIOLLIER**  
Dirección : Plaza del Carrizal N° 4118, Lo Barnechea, Santiago.

Orden de Trabajo : 437098  
Fecha de Emisión : 2016-05-13

División Metrología - Laboratorio de Calibración en la Magnitud Longitud - Santiago

### IDENTIFICACION

Control dimensional a 3 set de calibres PASA – NO PASA de material plástico.

### PROCEDIMIENTO

Las mediciones se efectuaron utilizando instrumental metrológico de acuerdo a la cota y exactitud requerida.

### CONDICIONES AMBIENTALES Y FECHA DE CONTROL

Fecha del control : **10 de Mayo de 2016**  
Lugar del control : Laboratorio de longitud.  
Temperatura : 20,5 °C – 21,0 °C  
Humedad relativa : 62,0 %HR – 69,0 %HR

### TRAZABILIDAD DEL INSTRUMENTAL UTILIZADO

Patrón : Pie de metro digital  
Código interno : LC – 30  
Certificado : SMC – 41030  
Vigencia : Noviembre de 2016  
Trazabilidad : **CESMEC S.A.**

Patrón : Micrómetro de exterior  
Código interno : LM – 16  
Certificado : SMC – 43371  
Vigencia : Marzo de 2018  
Trazabilidad : **CESMEC S.A.**

Patrón : Micrómetro de exterior  
Código interno : LM – 16  
Certificado : SMC – 43372  
Vigencia : Marzo de 2018  
Trazabilidad : **CESMEC S.A.**

## CONTROL DIMENSIONAL SMC – 43945

Solicitante : **NICOLAS VIOLLIER**  
Dirección : Plaza del Carrizal N° 4118, Lo Barnechea, Santiago.

Orden de Trabajo : 437098  
Fecha de Emisión : 2016-06-28

División Metrología - Laboratorio de Calibración en la Magnitud Longitud - Santiago

### IDENTIFICACION

Control dimensional a 3 set de calibres PASA – NO PASA de material plástico.

### PROCEDIMIENTO

Las mediciones se efectuaron utilizando instrumental metrológico de acuerdo a la cota y exactitud requerida.

### CONDICIONES AMBIENTALES Y FECHA DE CONTROL

Fecha del control : **22 de Junio de 2016**  
Lugar del control : Laboratorio de longitud.  
Temperatura : 20,5 °C – 20,0 °C  
Humedad relativa : 50,0 %HR – 53,0 %HR

### TRAZABILIDAD DEL INSTRUMENTAL UTILIZADO

Patrón : Pie de metro digital  
Código interno : LC – 30  
Certificado : SMC – 41030  
Vigencia : Noviembre de 2016  
Trazabilidad : **CESMEC S.A.**

Patrón : Micrómetro de exterior  
Código interno : LM – 16  
Certificado : SMC – 43371  
Vigencia : Marzo de 2018  
Trazabilidad : **CESMEC S.A.**

Patrón : Micrómetro de exterior  
Código interno : LM – 16  
Certificado : SMC – 43372  
Vigencia : Marzo de 2018  
Trazabilidad : **CESMEC S.A.**

# Anexo 3 respuestas INE



Estimado usuario:

Junto con saludar y agradecer su requerimiento, a continuación se detalla los productos de Índice de Producción Industrial (IPI) e Índice de Producción Manufacturera (IPMAN):

➤ **Índice de Producción Industrial (IPI):** Es un indicador que mide la evolución mensual de la actividad productiva de los sectores industriales, es decir, las industrias Minera, Manufactureras y de Generación y distribución de energía eléctrica, gas y agua (EGA), reflejando la evolución conjunta de la cantidad producida y/o distribuida de estas actividades. Esto se logra a través de un indicador compuesto, que deriva de la agregación o suma ponderada de los Índices Generales asociadas a dichas actividades económicas.

SECTORES INDUSTRIALES	PONDERACIÓN
Explotación de Minas y Canteras	52,20%
Industrias Manufactureras	37,89%
Suministro de Electricidad, Gas y Agua	9,91%

[Ver metodología IPI](#)

➤ **Índice de Producción Manufacturera (IPMAN):** El objetivo del indicador es medir la evolución mensual de la producción física como una aproximación de la actividad productiva de la industria manufacturera chilena. Utiliza las producciones físicas fabricadas por los establecimientos (plantas de proceso) que componen las distintas actividades económicas de esta industria.

Este indicador en conjunto a Índice de Producción Minera e Índice de Electricidad, Gas por Cañería y Agua Potable conforman el IPI

[Ver metodología IPMAN](#)



Estimado Nicolás: Junto con saludarlo cordialmente y en atención a su consulta, a continuación enviamos la respuesta formulada por la unidad experta, la cual señala lo siguiente: "Le informamos que la canasta del Índice de Producción Manufacturera (año base 2009) se estructuró bajo los siguientes niveles de desagregación: · 13 Divisiones CIIU rev.3 · 26 Grupos CIIU rev.3 · 48 Clases CIIU rev.3 · 190 Productos CPC 1.0 Dentro de los 26 grupos incorporados en el indicador hay 5 que podrían estar asociados a las actividades de alimentos. Estos son: - Producción, procesamiento y conservación de carne, pescado, frutas, legumbres, hortalizas, aceites y grasas - Elaboración de bebidas - Elaboración de otros productos alimenticios - Elaboración de productos lácteos - Elaboración de productos de molinería, almidones y productos derivados del almidón, y de alimentos preparados para animales Mientras que hay 4 que podrían ser asociados a la industria de los objetos de madera. Estos son: - Fabricación de productos minerales no metálicos n.c.p. - Fabricación de productos de madera, corcho, paja y materiales trenzables - Fabricación de muebles - Aserrado y acepilladura de madera Para más antecedentes ver el Manual Metodológico (link: <http://goo.gl/PRtcjp>)". Esperando haber dado una respuesta satisfactoria a su requerimiento de información, lo invitamos a visitar nuestro sitio web: [www.ine.cl](http://www.ine.cl); Twitter: @Ine\_Chile; Facebook: Instituto Nacional de Estadísticas. Saludos Cordiales Subdepto. de Información Ciudadana Correo :[ine@ine.cl](mailto:ine@ine.cl) [www.ine.cl](http://www.ine.cl)

Esperando haber dado una respuesta satisfactoria a su requerimiento de información, lo invitamos a visitar nuestro sitio web: [www.ine.cl](http://www.ine.cl); Twitter: @Ine\_Chile; Facebook: Instituto Nacional de Estadísticas.

Saludos Cordiales

**Subdepto. de Información Ciudadana**  
Correo :[ine@ine.cl](mailto:ine@ine.cl)  
[www.ine.cl](http://www.ine.cl)

**3D-QC**

**Calibres Industriales Personalizados**

# 3D-QC

Calibres Industriales Personalizados

