

**HOSPITAL**  
DR. LEONARDO GUZMÁN  
ANTOFAGASTA

## “Reinventando la práctica Odontológica en Pandemia: Impresión de Elementos de Protección Personal 3D, para la Red Asistencial de la Región de Antofagasta”



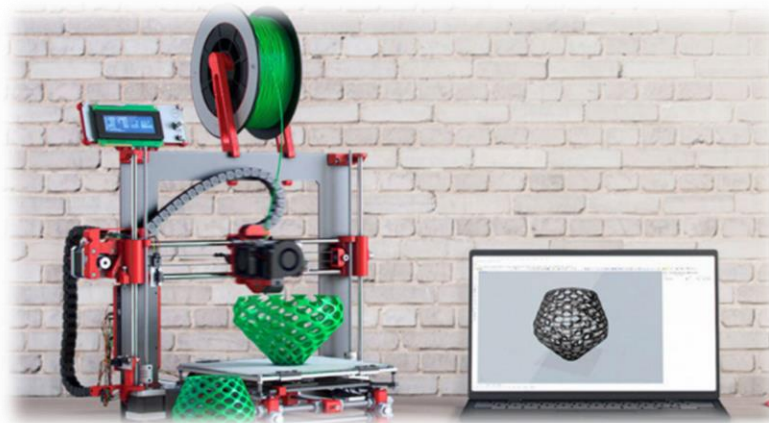
**VÍCTOR H. CORTÉS YÁÑEZ**  
UNIDAD DE SALUD DENTAL  
DPTO. GESTIÓN DE PROCESOS Y REDES INTEGRADAS  
SERVICIO SALUD ANTOFAGASTA

# Introducción

La Impresión 3D es una tecnología que se origina en el ámbito industrial pensada para la creación de piezas de ingeniería y construcción. Dentro de este segmento existen distintas tecnologías que se caracterizan por transformar una materia prima tales como polvo, plástico, resina u otros elementos usando diferentes medios como un haz de electrones, un láser, luz o simplemente temperatura, los cuales pueden construir desde pequeños tornillos, hasta inclusive “Casas en marte”.

Sin embargo, una gran desventaja en la tecnología de impresión 3D industrial es el gran tamaño de las máquinas que son utilizadas como también el espacio donde debían ser implementadas, más aún aquellas que necesitan de ambientes controlados, y que además necesitan de elementos propios de la industria para funcionar, sumado a los elevados costos de inversión para la obtención de las impresoras, sus componentes y elementos necesarios para la fabricación.

Debido a todo lo anterior es que surge la “*Impresión 3D de escritorio*”, la cual, usando tecnologías similares a la industrial, pero en máquinas más pequeñas, económicas y simples, permiten que un usuario promedio pueda tener acceso a la fabricación de variados elementos aprovechando las ventajas de la impresión 3D, pero sin las desventajas de las impresoras industriales. Estas máquinas de escritorio permiten tener una fabricación con estándares muy altos en calidad y a un precio muchísimo más asequible, a cambio de sacrificar un poco de terminaciones y velocidad en la obtención de los modelos impresos. Estas características hacen posible *la creación e implementación de laboratorios de diseño e impresión 3D en el ámbito de salud*.



## Objetivos de la Estrategia de confección de Elementos de Protección Personal (EPP) 3D

### **OBJETIVO GENERAL**

- Confeccionar con medios propios, escudos faciales, aliviadores de orejas, adaptadores de válvulas, adaptadores de maquinaria y otros elementos, usando equipos de impresión 3D de escritorio.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Contar con una capacidad propia para confeccionar estos elementos, con las características y requerimientos específicos para ser utilizados en ambientes de COVID-19 y en cualquier ámbito requerido.
- Cubrir las necesidades de EPP de cualquier característica para nuestra red de salud regional.
- Permitir una entrega constante y con la urgencia que requiere esta emergencia, así como mantener el control de calidad e integridad de los elementos elaborados en la unidad.
- Mantener el importante ahorro y facilitar la entrega de estos elementos, teniendo presente las dificultades de mercado.
- Contar con una capacidad permanente, aprovechando la experiencia adquirida, así como el equipamiento ya presente en la unidad.
- Utilizar la experiencia ya adquirida para solucionar otras necesidades que se presenten en la red asistencial.
- Generar Redes Integradas de trabajo entre Servicio de Salud, Centros Asistenciales, Universidades u otros, en materia de emergencias y pandemia.

## Antecedentes históricos de la estrategia:

- Al inicio de la Pandemia el Dpto. de Farmacia del SS Antofagasta (febrero 2020) comenzó el proceso de compra de insumos y EPP, teniendo un stock suficiente para la Red Asistencial para el mes de marzo.
- Una de las situaciones más complejas fue la falta de escudos faciales. La prioridad, al comienzo, fueron los equipos de SAMU y Hospitales.
- Por un lado, el Laboratorio de Investigación de Operaciones del Departamento de Ingeniería Industrial (DII) de la Universidad Católica del Norte (UCN) estaba desarrollando un proyecto FONDEF con SAMU del SSA “*Reducción de tiempos de respuesta de ambulancias en las regiones de Antofagasta y Coquimbo*”. Dado este precedente, a fines de marzo, trabajadores de SAMU exponen el problema que enfrentan por la escasez existente por escudos faciales, consultando si el laboratorio OR-Lab podría realizar por impresiones 3D este tipo de elementos de protección personal. Esta necesidad fue adquirida por el Director de DII Dr. Hernán Cáceres y su equipo.
- Por otro lado, desde el Hospital Regional de Antofagasta, nace un proyecto por gestión del Dr. Alejandro Araya, Cirujano Maxilofacial, observando la escasez de elementos de protección personal disponible en el mercado y la necesidad de los centros de salud de disponer de altas cantidades de estos elementos, comenzó a generar la fabricación de elementos con sistemas de impresión 3D (Impresoras propias de Dr. Araya).
- El equipo de Farmacia del Servicio de Salud Antofagasta, QF. María Paz López y QF. Héctor Gutiérrez, generó el nexo entre UCN y Dr. Araya para evaluar los prototipos que se estaban produciendo, considerando los estándares de calidad, resistencia y evaluación por IAAS.



## Antecedentes histórico de la estrategia:

- Al haber generado el nexo, coordinación entre referentes, pruebas de resistencias y autorización por IAAS, a finales del mes de marzo se da comienzo a la producción masiva de Escudos Faciales por parte de los equipos de UCN (por un lado) y Servicio de Salud, inicialmente con las impresoras del Dr. Araya.
- Dado que era necesario tener continuidad de la estrategia, se realizaron las siguientes gestiones por parte de los equipos:
  - UCN:
    - 4 personas por turno:
      - 1 académico.
      - 3 estudiantes voluntarios.
    - Total 32 voluntarios:
      - 4 académicos del DII.
      - 4 egresados de Ingeniería Civil Industrial.
      - 24 estudiantes de Ingeniería Civil Industrial.
  - Servicio de Salud Antofagasta:
    - 3 Cirujanos Dentistas contratados por contingencia COVID-19 para manejo y gestión 3D.
    - 2 Cirujanos Dentistas fijos de la Unidad de Salud Dental del SSA.
    - Trabajo colaborativo con el Dpto. de Farmacia del SSA.

## Antecedentes histórico de la estrategia:

- De esta manera, se coordinó el retiro de los EPP a la UCN y al SSA a cierto horario, ciertos días, cierta cantidad fija semanal y así derivarlo a la red asistencial por medio del Dpto. de Farmacia del SSA, siendo la prioridad inicial los centros de mayor complejidad y exposición al COVID-19.
- En el mes de Abril, mediante gestión de Subdirección Médica y Dpto. Farmacia del Servicio de Salud Antofagasta, se generó la posibilidad de solicitar donaciones a distintas empresas Mineras (BHP Minera Escondida, a través de su programa “Vamos Juntos”) entregaron 6 nuevas impresoras: 3 *Creality CR10 MAX* y 3 *Creality ender-5*. Además, se recibe un cargamento de 100kg de filamento TPU también donado por Minera Escondida junto a las impresoras.
- La Unidad de Salud Dental del Servicio de Salud tomó responsabilidad administrativa de la estrategia en lo que respecta a: Compras menores, gestión de insumos, mantención de equipos, horarios de trabajo, coordinación con Dpto. Farmacia, requerimiento de necesidades, etc.
- La meta inicial fue de confeccionar un total de 10.000 escudos faciales entre SSA y UCN.
- El proyecto hoy en día cuenta con un total de 13 impresoras en dependencias del SSA, de las cuales, 2 fueron facilitadas por el Dr. Alejandro Araya, otras 2 fueron facilitadas por el colegio San Luis, 3 fueron adquiridas con fondos del SSA y otras 6 fueron donaciones por parte de fundación Minera Escondida. Por su parte, la UCN cuenta con 27 impresoras.
- Con este equipamiento se han logrado elaborar diferentes elementos para facilitar la atención en salud dentro de la pandemia como también se ha logrado disminuir los costos asociados a la adquisición de éstos. Los escudos faciales generados en nuestra unidad han sido distribuidos por toda la red de salud de la segunda región, siendo el hospital regional de Antofagasta el centro que más necesidades ha presentado.

# EL MERCURIO

\$400 Viernes  
3 de abril de 2020

Fundado el  
16 de diciembre de 1906  
año 114 (N° 4063)

www.mercurioantofagasta.cl

DE ANTOFAGASTA

## TODOS CONTRA EL COVID-19

Fabricación de escudos para el personal médico, la habilitación de un call center y ayuda psicológica, son algunas de las iniciativas que con ingenio y esfuerzo llevan adelante universidades, empresas y personas de la cultura local. Todo sirve en estos momentos.

Pág. 6



Hospital Regional Antofagasta

## Más de 1800 escudos faciales producirá el Servicio Salud de Antofagasta para la protección del personal de la Macro Zona Norte

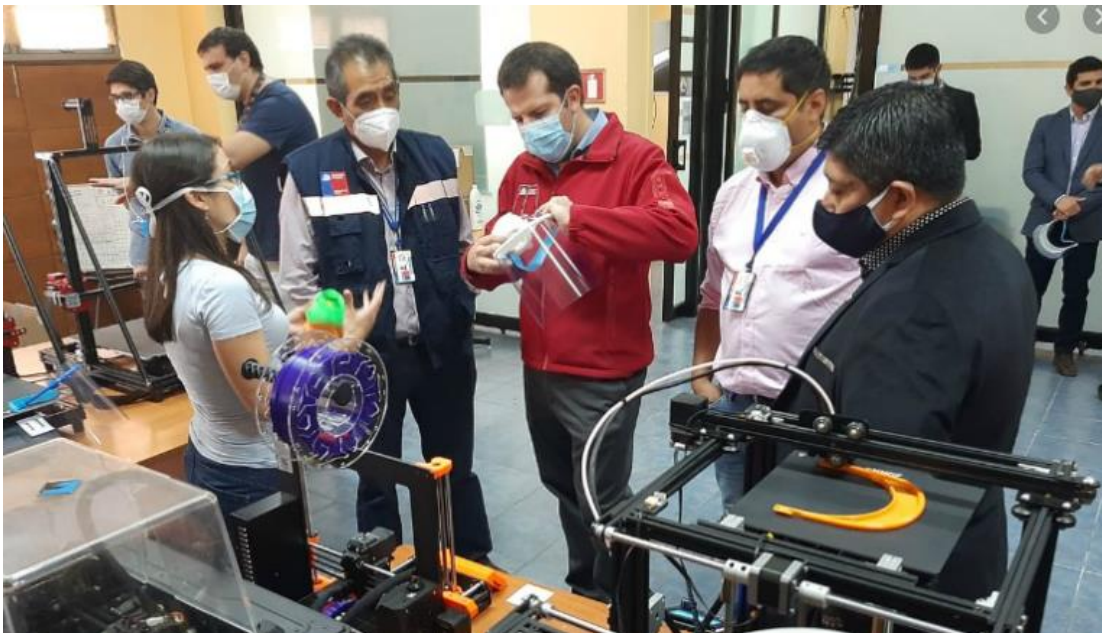
HACE 2 HORAS • PÚBLICO

Más de 1800 escudos faciales para la protección del personal de la Red Pública de Salud, producirá el SSA mensualmente, aprovechando las 17 impresoras 3D que cuenta la institución. Esto gracias a la





<https://www.minsal.cl/mas-de-1800-escudos-faciales-en-impresoras-3d-produce-servicio-salud-antofagasta/>



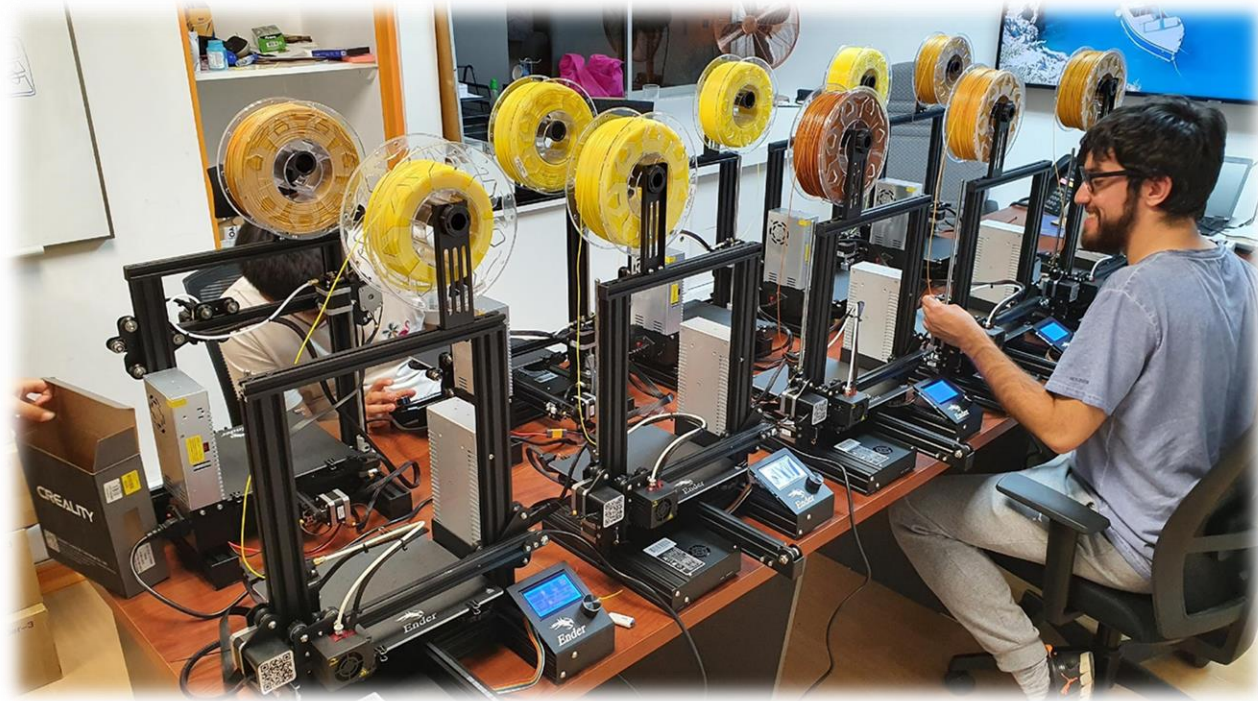
<https://www.goreantofagasta.cl/donacion-de-seis-impresoras-3d-permitira-creacion-de-8-mil-elementos-de/goreantofagasta/2020-04-29/162032.html>

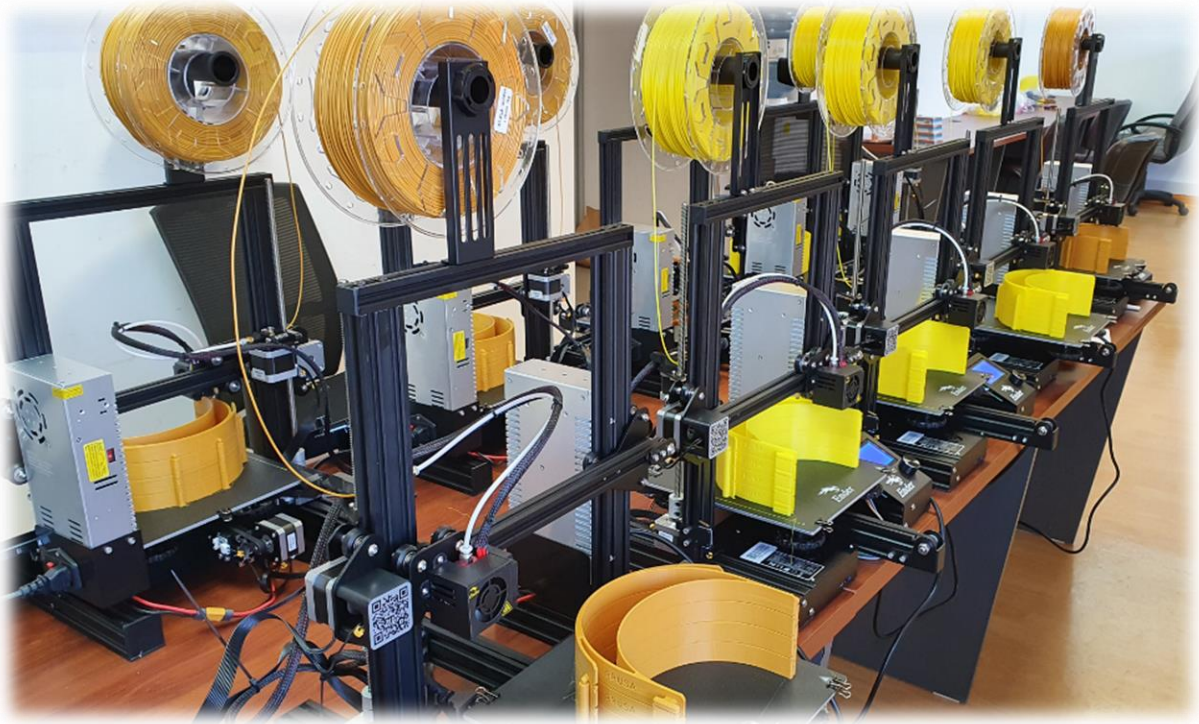


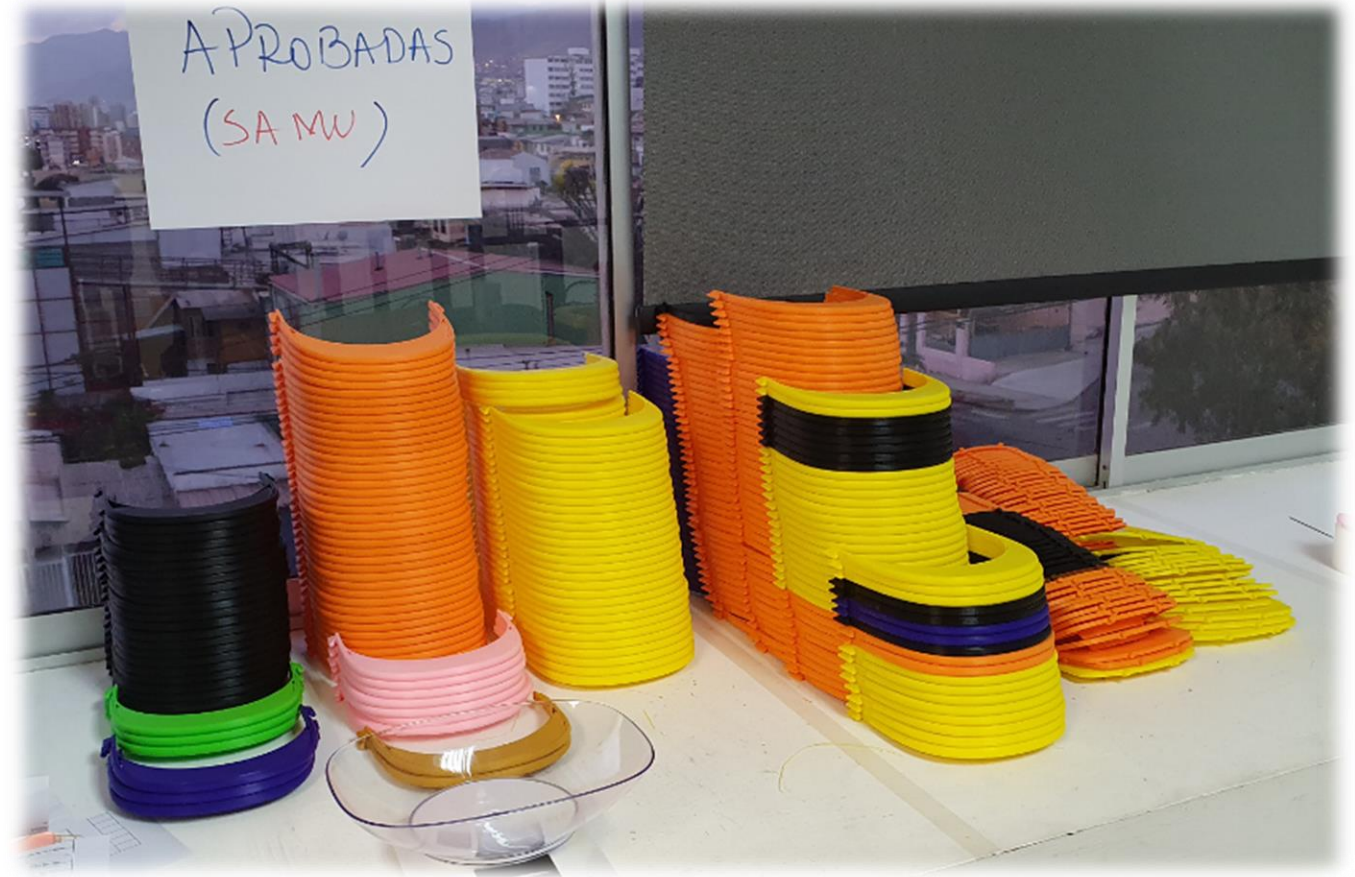
## Nuestra misión

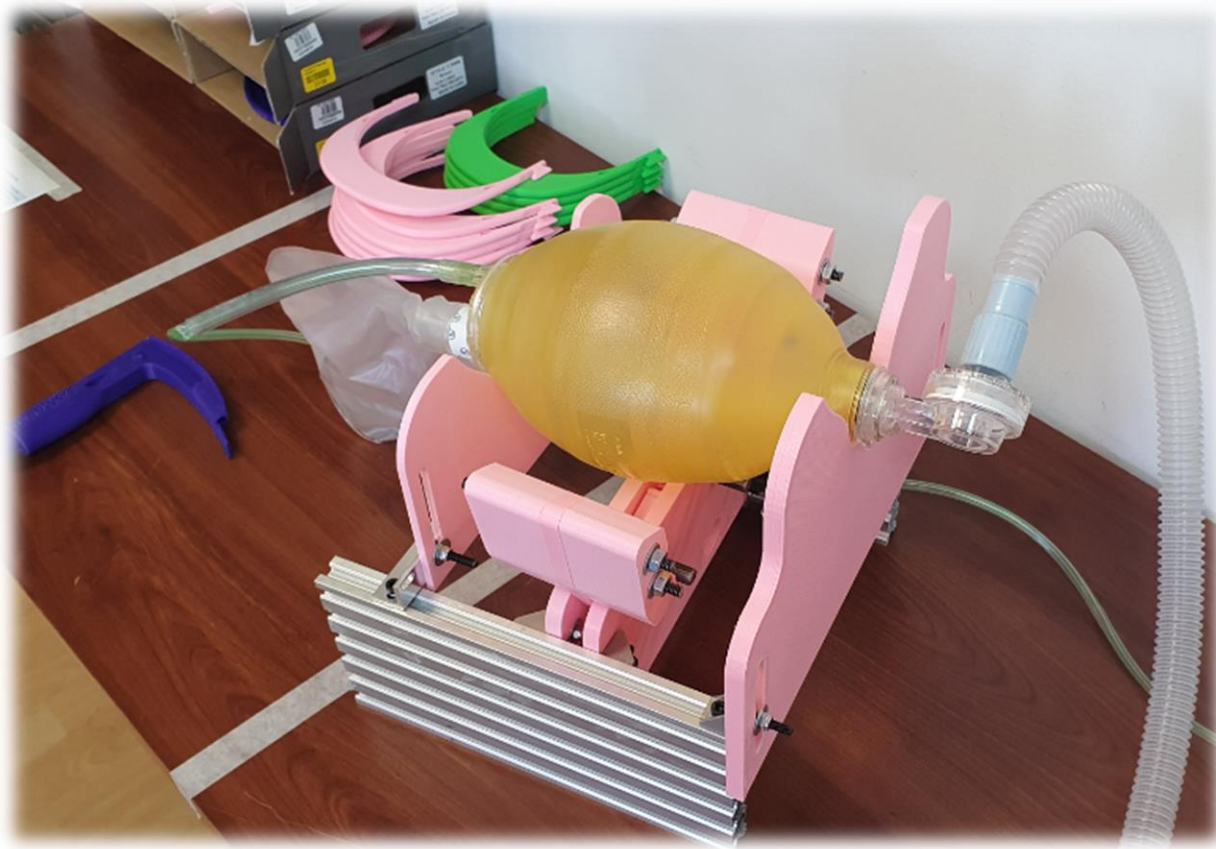
En el Laboratorio de Investigación de Operaciones (ORLab) del Departamento de Ingeniería Industrial buscamos apoyar al sistema de salud en el norte de Chile durante la crisis del covid-19 a través de la producción de elementos que el personal de salud requiere.

<https://sites.google.com/ucn.cl/industrial-ucn-covid>









# Universidad Católica del Norte: Departamento de Ingeniería Industrial



# Universidad Católica del Norte: Departamento de Ingeniería Industrial



**Hernán Cáceres**  
 Ph. D. Ingeniería Industrial  
 Director Departamento Ingeniería Industrial



**Evelyn Arrey**  
 Ingeniería Civil Industrial  
 Académico Departamento Ingeniería Industrial



**Alexis Gómez**  
 Ingeniero Civil Industrial  
 Académico Departamento Ingeniería Industrial



**Victor Olivares**  
 Ingeniería Civil Industrial  
 Académico Departamento Ingeniería Industrial



**Gianfranco Cossani**  
 Ingeniero Civil Industrial



**Macarena Guzman**



**Pablo Orquera**  
 Ingeniero Civil Industrial



**Nicolas Nacuse**  
 Ingeniero Civil Industrial



**Bastián Wevar**  
 Estudiante Ingeniería Civil Industrial



**Martin Araya**  
 Estudiante Ingeniería Civil Industrial



**Alannys Diaz**  
 Estudiante Ingeniería Civil Industrial



**Macarena Duran**  
 Estudiante Ingeniería Civil Industrial



**Javierra Auad**  
 Estudiante Ingeniería Civil Industrial



**Yanara Espinoza**  
 Estudiante Ingeniería Civil Industrial



**Camila Fuentes**  
 Estudiante Ingeniería Civil Industrial



**Josefa Guzman**  
 Estudiante Ingeniería Civil Industrial



**Sebastian Huanchincay**  
 Estudiante Ingeniería Civil Industrial



**Brian Lemus**  
 Estudiante Ingeniería Civil Industrial



**Bastián Lopez**  
 Estudiante Ingeniería Civil Industrial



**Francisco Pardow**  
 Estudiante Ingeniería Civil Industrial



**Robert Patiño**  
 Estudiante Ingeniería Civil Industrial



**Liset Rivera**  
 Estudiante Ingeniería Civil Industrial



**Kevin Riveros**  
 Estudiante Ingeniería Civil Industrial



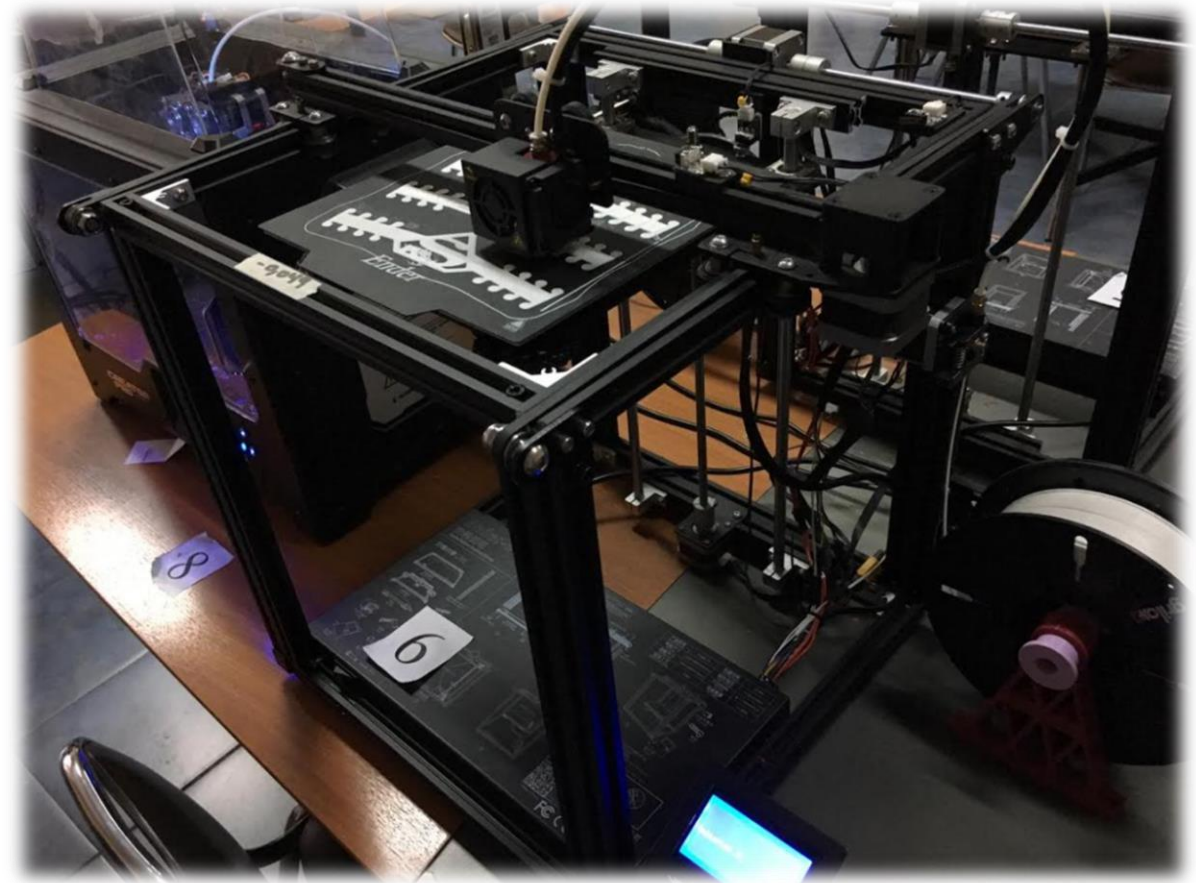
**Karol Rojas**  
 Estudiante Ingeniería Civil Industrial



**Nicolás Vega**  
 Estudiante Ingeniería Civil Industrial



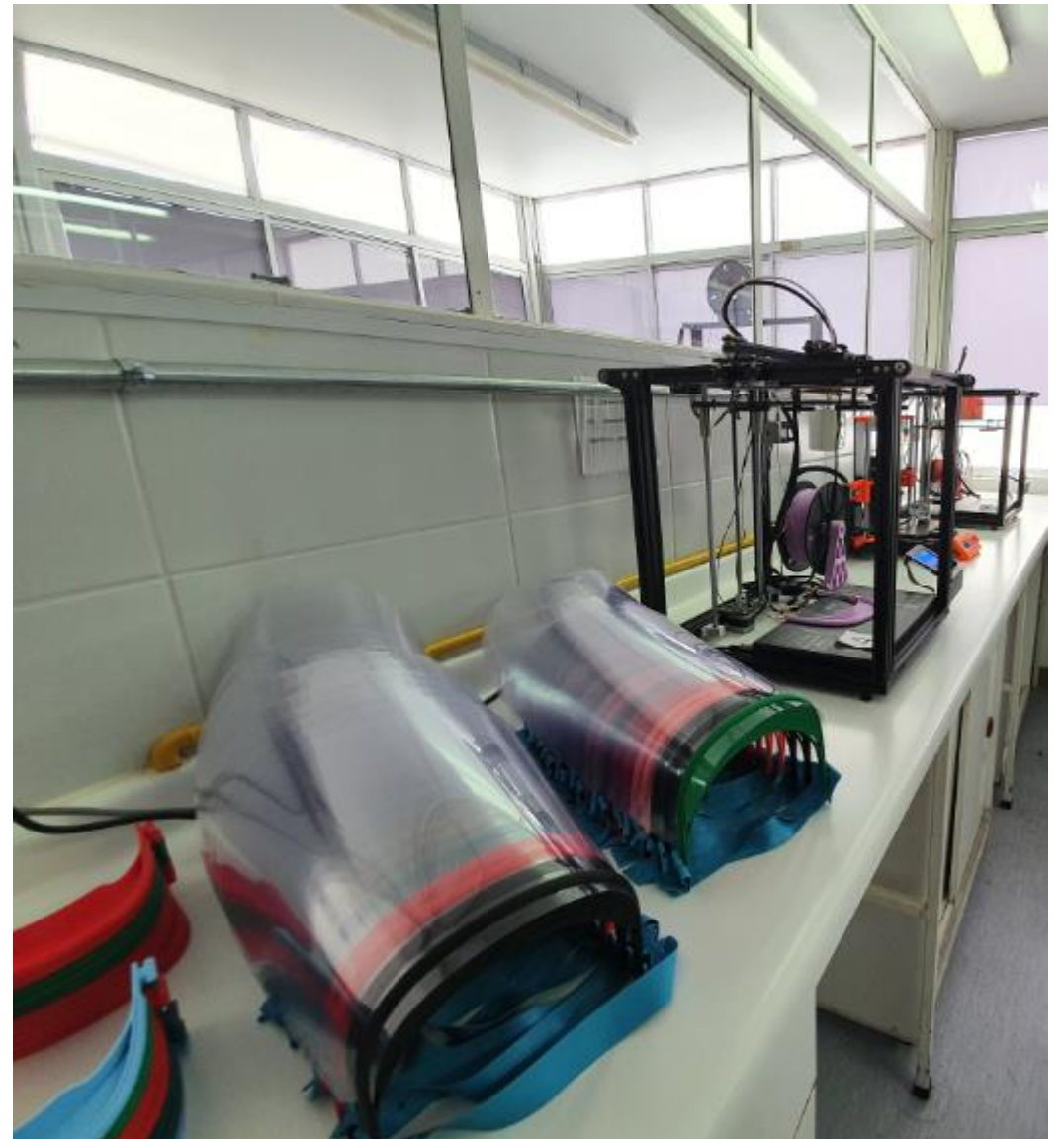
**Sala de reuniones N° 01 del Servicio Salud Antofagasta; Marzo a Septiembre 2020**



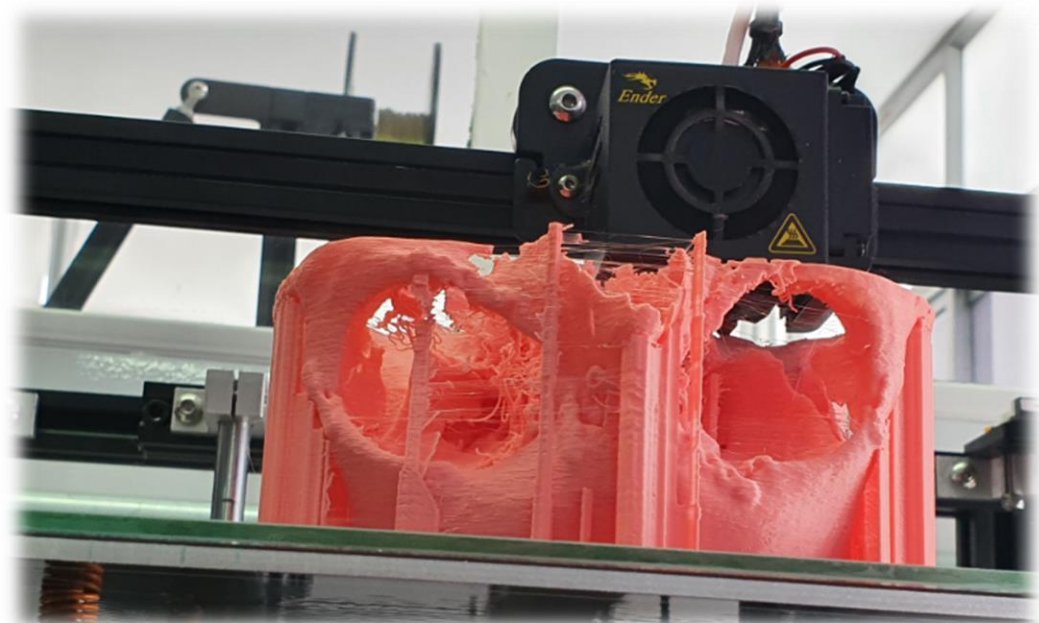
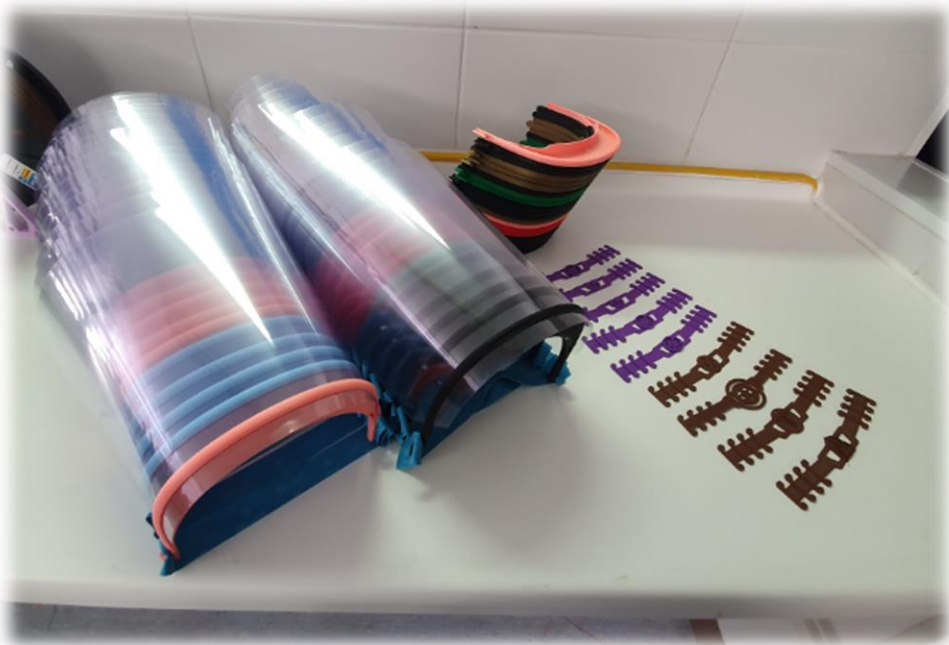
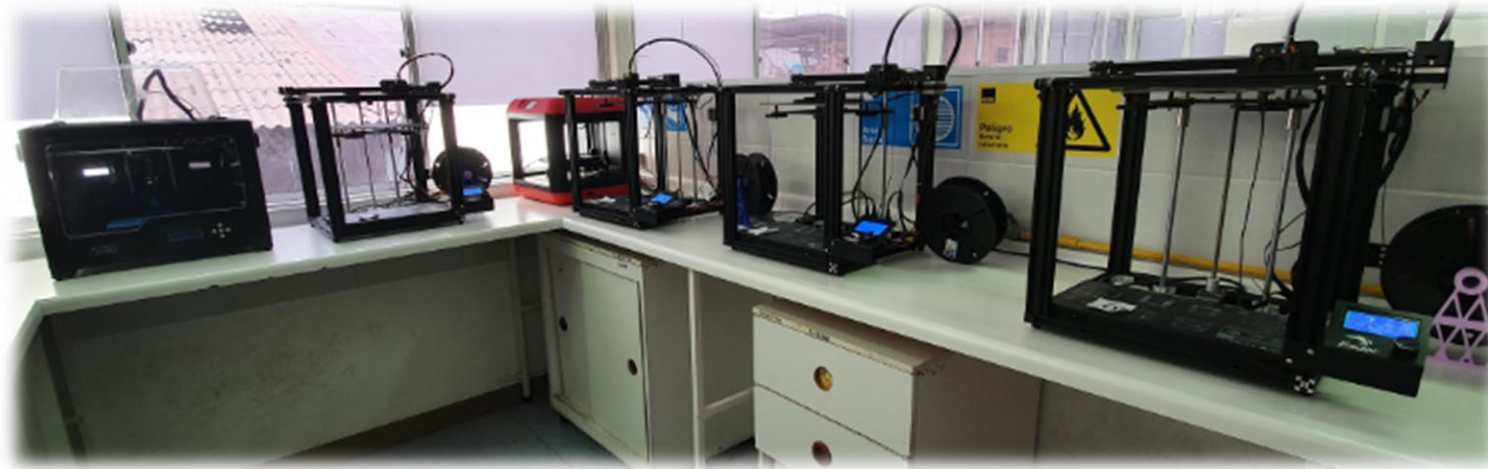
**Cambio de oficinas; Ex laboratorio médico antiguo Hospital Regional Antofagasta; Octubre 2020**



## Cambio de oficinas; Ex laboratorio médico antiguo Hospital Regional Antofagasta; Octubre 2020



**Cambio de oficinas; Ex laboratorio médico antiguo Hospital Regional Antofagasta; Octubre 2020**

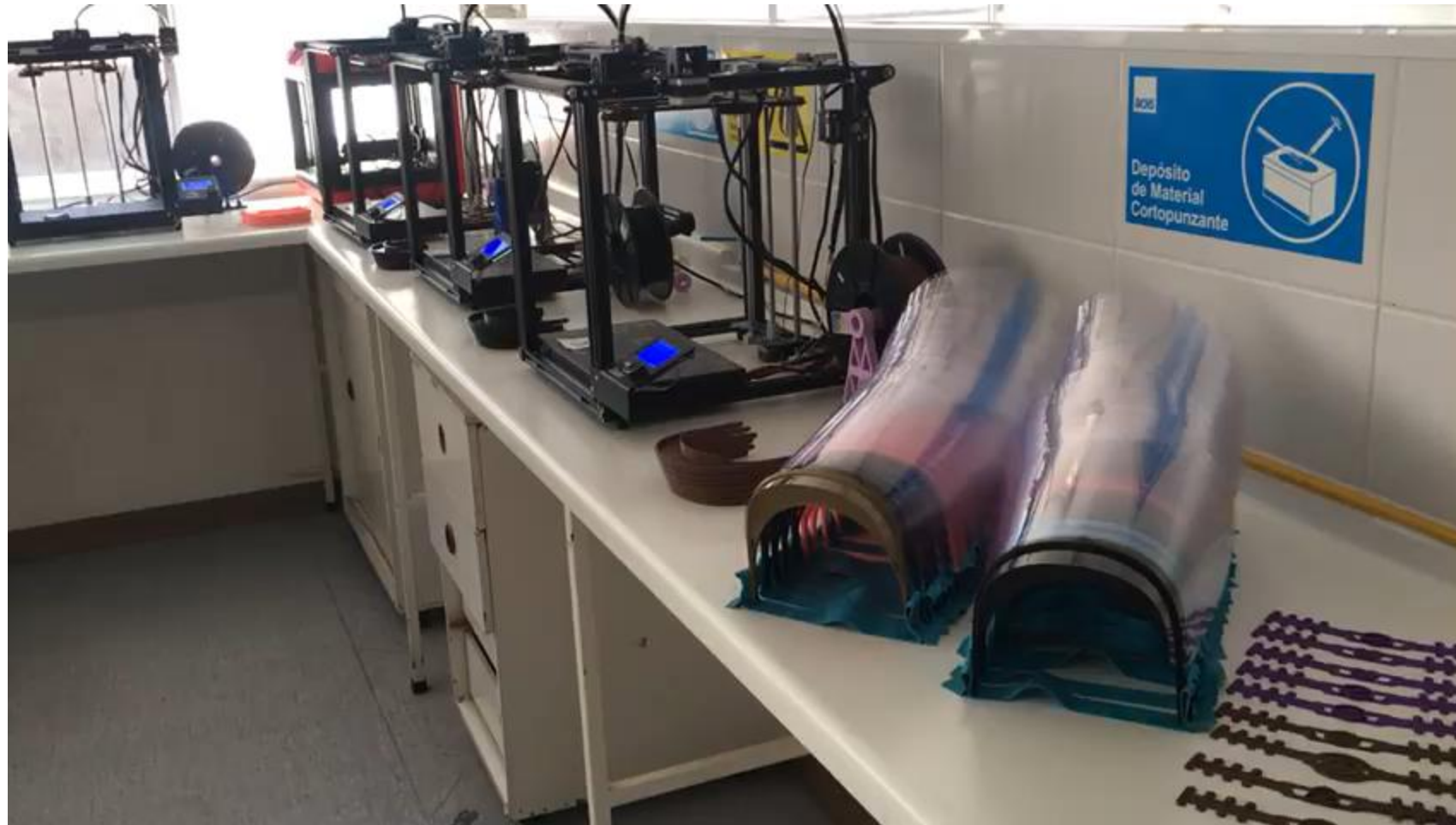


Cambio de oficinas; Ex laboratorio médico antiguo Hospital Regional Antofagasta; Octubre 2020

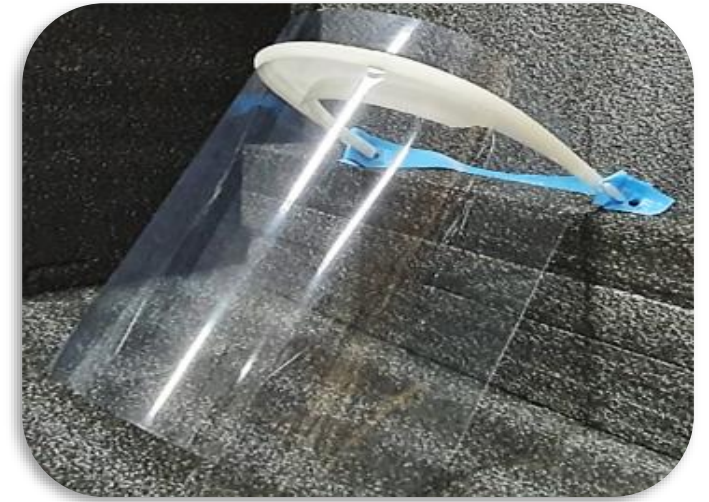


# Cambio de oficinas; Ex laboratorio médico antiguo Hospital Regional Antofagasta; Octubre 2020

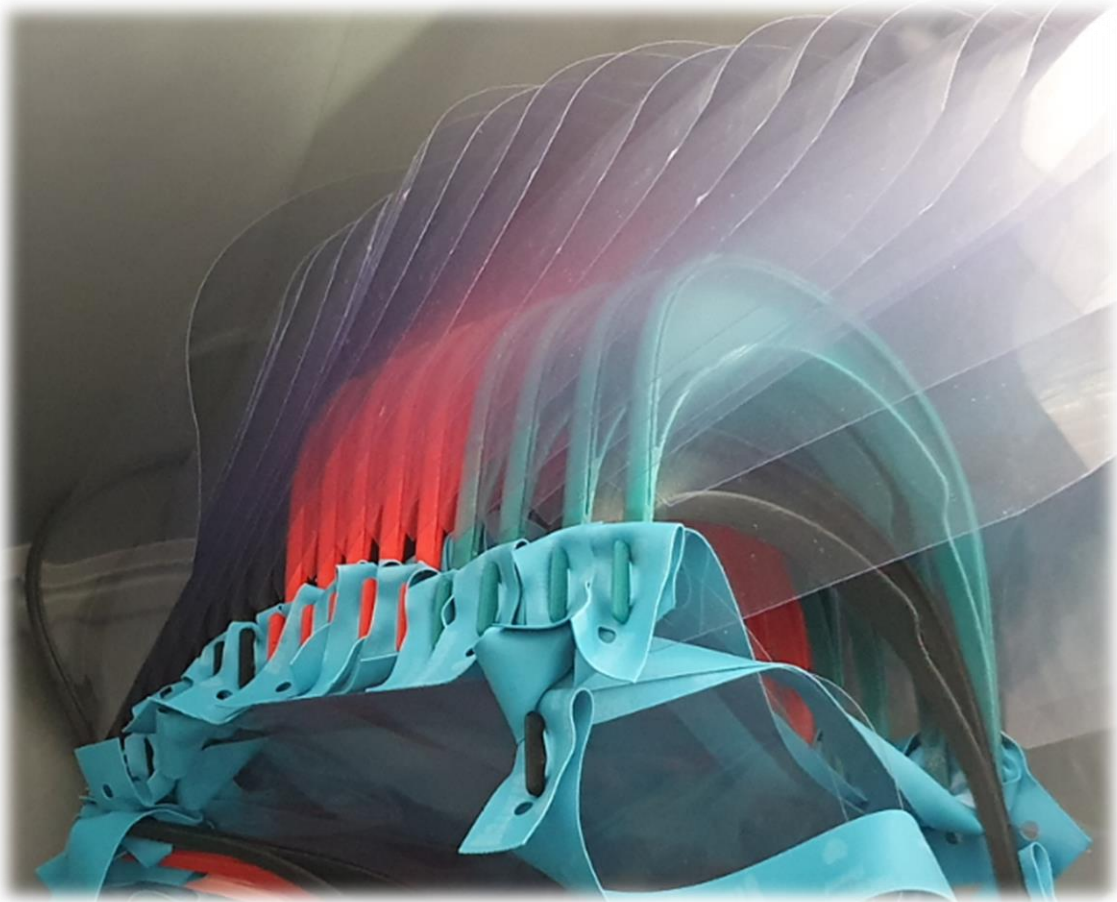
VIDEO



## Producción EPP 3D: Escudos Faciales



# Producción EPP 3D: Escudos Faciales





# Producción EPP 3D: filtros respiradores/máscaras de buceo

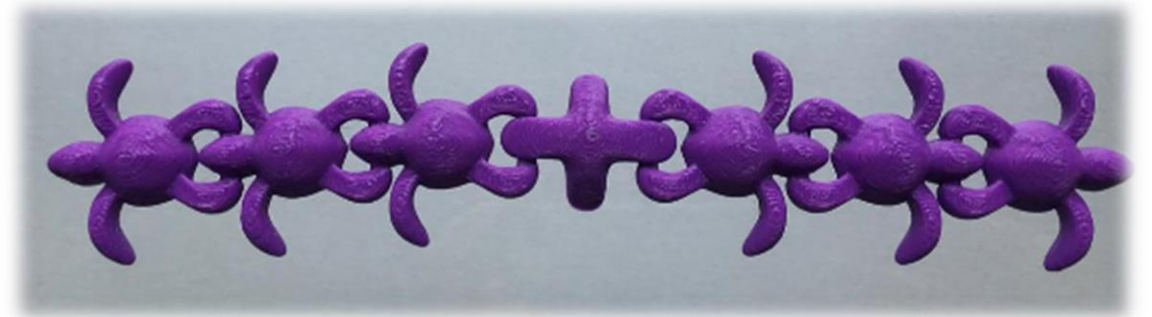


## Producción EPP 3D: filtros respiradores/máscaras de buceo



Impresora 3D de Resina

## Producción EPP 3D: Aliviadores



## Producción EPP 3D: Otros

Laringoscopio



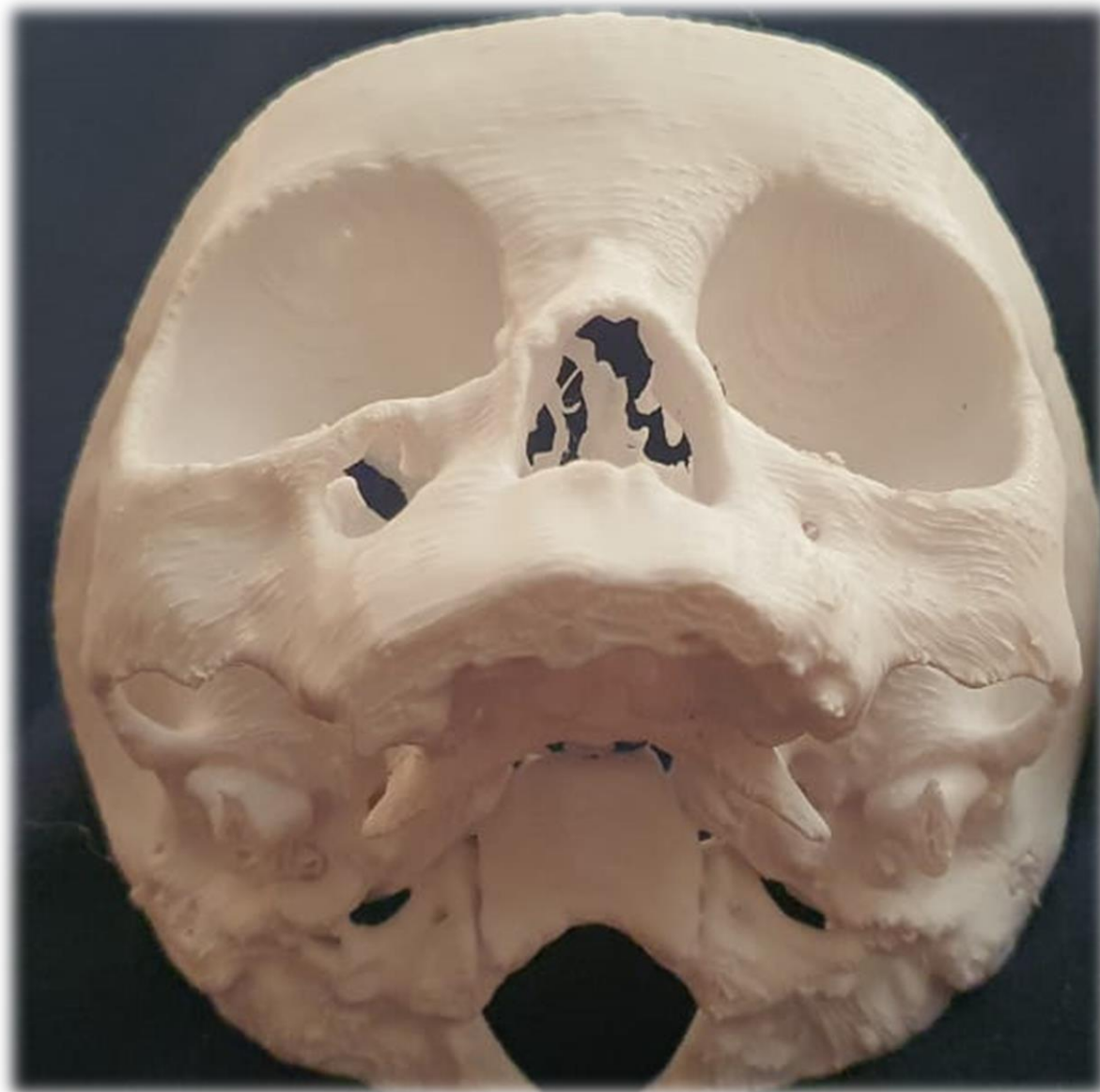
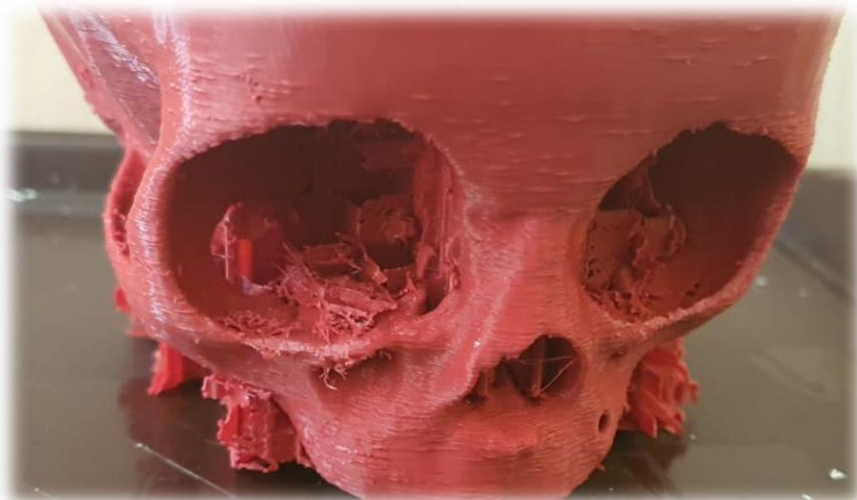
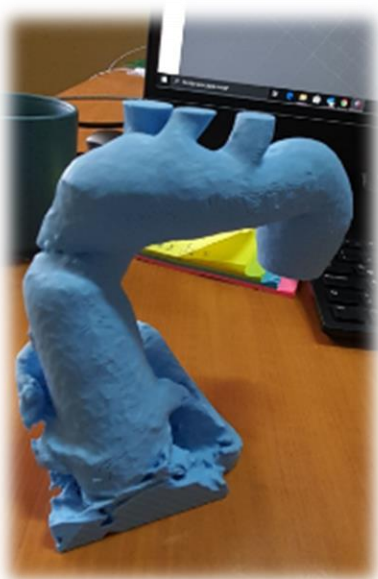
Posicionador Rx B/W Digital



Posicionador Rx Ortopantomografía



## Producción EPP 3D: Bio-modelos



## Producción EPP 3D: Bio-modelos



# Comparativo de costos actualizado a Septiembre 2020

Es importante mencionar que, si bien encontramos una amplia variedad de escudos faciales en el mercado, **ninguno cumple al 100% con los estándares de calidad y seguridad que se necesitan para su uso en el ámbito de la salud, tales como:**

- Cuerpo de escudo facial sellado, lo que impide el paso de agentes contaminantes por la superficie de éste.
- Elásticos de caucho sintético o similar, que facilita una adecuada desinfección y reutilización.
- Adecuado sistema de sujeción de la mica de PVC lo que asegura alargar la vida útil de ésta.
- Estar libres de elementos que podrían retener contaminantes y elementos bacterianos y virales, tales como esponjas, textiles, etc.



*\*Valores extraídos de diferentes licitaciones públicas como también de mercados informales.*

# Comparativo de costos actualizado a Septiembre 2020

## Estrategia EPP 3D SSA:

### **Inversión:**

- Se realizó una inversión inicial de \$1.200.000 aprox. Por la compra de 3 impresoras *Creality ender 5*.
- Las demás impresoras fueron facilitadas por el Dr. Alejandro Araya (2) y el colegio San Luis (2) y donadas por la fundación Minera Escondida (6).
- Posteriormente se realizó una nueva compra, esta vez por una impresora de resina *Anycubic Photon S* por un monto de \$961.576 chilenos.

### **Insumos:**

- Filamento PLA: Se realizó una compra de 100 kg. de filamento por un monto de \$2.205.998.
- Micas PVC: Con un valor de \$150-200 por unidad y una gran cantidad de éstas fueron donadas por personas de la comunidad al servicio.
- Elásticos: Se compran 4.000 elásticos por un monto de \$2.012.528.
- Resina: Se realiza una compra de 30 lts. de resina por un monto de \$2.848.860

### **Gastos operacionales:**

- Insumos correspondientes a cambio de piezas, elementos de oficina y otros: \$350.000



# Comparativo de costos actualizado a Septiembre 2020

¿Cuánto nos cuesta fabricar los escudos faciales y los aliviadores en el servicio?

- o **Escudos faciales**

Ítem	Unidad	Valor
Filamento PLA 22	22 (gr)	\$ 372
Mica PVC	1	\$ 150
Elástico	1	\$ 422
<b>Costo total escudo facial</b>	<b>1</b>	<b>\$ 944</b>

Por lo tanto, con la fabricación de 3.000 escudos faciales se estaría **ahorrando entre \$3.106.000 y \$9.206.000.**

- o **Aliviadores**

Ítem	Unidad	Valor
Filamento PLA	6 (gr)	\$ 101
<b>Costo total aliviador de orejas</b>	<b>1</b>	<b>\$ 101</b>

Con la fabricación de 3.000 aliviadores se estaría **ahorrando entre \$1.247.834 y \$1.481.074.**

## Producción EPP 3D: Resumen Septiembre 2020

Institución	Elementos Producidos					
	Escudo Facial	Aliviador	Posicionador Rx	Biomodelos	Adaptadores Full Face	Adaptador Máscara de Buceo
<b>SSA</b>	6.299	8.378	13	16	218	212
<b>UCN</b>	9.038	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	15.337	8.378	13	16	218	212

# Conclusiones

- La seguridad de los Equipos de Salud es una prioridad en estos tiempos de Pandemia.
- El trabajo en redes integradas permite generar ideas y proyectos innovadores en beneficio de los equipos.
- Una de las principales revoluciones en el ámbito de salud vinculada con la impresión 3D es la fabricación de biomodelos que sirven para ensayar la intervención quirúrgica.
- La reconversión de funciones de recurso humano fue una estrategia de gran relevancia para trabajar en puntos estratégicos en plena pandemia, como es aumentar la capacidad de EPP para proporcionar seguridad ocupacional y minimizar riesgos, de manera que la dotación de personal hospitalario esté operativo ante las necesidades de los usuarios COVID.



# CONTACTOS

- Servicio de Salud Antofagasta;
  - Subdirector Médico [yoselyn.castillo@ssantofagasta.cl](mailto:yoselyn.castillo@ssantofagasta.cl)
  - Dpto. Farmacia SSA: Maria Paz Lopez Olivares [mariapaz.lopez@ssantofagasta.cl](mailto:mariapaz.lopez@ssantofagasta.cl)
  - Unidad Salud Dental: Víctor Cortés Yáñez [victor.cortes@ssantofagasta.cl](mailto:victor.cortes@ssantofagasta.cl)
- Hospital Regional de Antofagasta
  - Dr. Alejandro Araya: [dr.alejandro.araya@gmail.com](mailto:dr.alejandro.araya@gmail.com)
- Universidad Católica del Norte;
  - Dr. Hernán Cáceres [hcaceres@ucn.cl](mailto:hcaceres@ucn.cl)

MUCHAS GRACIAS

