Mesas de trabajo 2020

COLEGIO DE INGENIEROS DE CHILE A.G.

Mesa de Trabajo Nº: 19
Informe Final.

INFRAESTRUCTURA HOSPITALARIA

Y

LAS LECCIONES DE LA PANDEMIA

Propuesta y Consideraciones
Para Diseño y Ejecución Futura

Coordinadora: Emma Violeta Durán M.
Ingeniera Comercial
Consejera Especialidad Comercial e inf. y C. de Gestión

Colegio de Ingenieros de Chile AG
Noviembre Año 2020

INDICE

2 Participantes 3
3 Temas que se abordaron 4
4 Meta a las que nos abocamos 5
5 Metodología de trabajo 5
6 Diagnóstico 7
6.1 En materia de cálculo, diseño y construcción 7
6.2 Climatización 9
6.3 Otras especialidades 12
6.4 Sanitización: Luz ultravioleta (uv), Ionización por plasma, Ozono agente biosida.. 13
7 Soluciones, alcances y recomendaciones generales 51
7.1 Cálculo, diseño y construcción post COVID 51
7.1.1 Reconfiguración 55
7.1.2 Crecimiento programado 59
7.1.3 Capacidad instalada 62
7.1.4 En materia de terreno 62
7.1.5 Costo operacional, de construcción, especificaciones técnicas 63
8 Climatización 65
8.1 Otras especialidades: 70
8.2 Sanitización 71
8.2.1 Cuadro comparativo de metodos de sanitización 74
9 Conclusiones generales 75
9.1 Hoja de ruta de posibles soluciones 78
9.2 Plan de implementación de soluciones 78
9.2.1 Etapa de entrega 78
9.2.2 Etapa de difusión 78
9.2.3 Etapa de seguimiento 78
10 Anexos informe final Mesa N°19 80
1) Criterios de Diseño - Hospital en Pandemia;2) Norma Española UNE 0068;3) Estudio Efectividad Bactericida Lampara Modelo Luv-20 - 6 Tubos Nova Segurity Spa; 4) Price Or Systems Air Curtain System. 5) Norma ASHRAE
11 *Glosario* 85

2.-PARTICIPANTES

CONSEJEROS COLEGIO DE INGENIEROS DE CHILE AG.							
N°	PARTICIPANTE		N°	PARTICIPANTE		N°	PARTICIPANTE
1	Emma Violeta Durán Muñoz Consejera – Ingeniera Comercial		3	Bernardita Astete – Consejera Nacional experta en SAP		5	Luis Diaz Urcullo – Ing. Politécnico Electrónico- Ex Director DIPRECA
2	Sergio Wilhelm Flores Vicepresidente CZM – Ingeniero Aeronáutico		4	Sergio Contreras – Vicepresidente Colegio de Ingenieros de Chile AG		6	Luis Diaz Palominos Pdte. Consejo Comercial e Inf. y Cont. De Gestión.
INVITADOS Y EXPERTOS EN MATERIAS DE HOSPITALES NACIONALES E INTERNACIONALES							
N°	PARTICIPANTE		N°	PARTICIPANTE		N°	PARTICIPANTE
1	Heriberto Hildebrand. Presidente AARQHOS – Arq. experto en proyectos		12	Manuel Nuñez – Ing. Civil UCH- Experto en BIM		22	Pablo Rubio de los Rios – Ing.
2	Marcela Villablanca Arq. Gerente AARQHOS		13	Carlos Pastene- Ing. Civil Industrial		23	Victor Moraga Z.
3	Gloria Henriquez – Consejera CI Ing. Civil Eléctrico. Médico		14	Julio Rojas Sieveking – Ingeniero en Climatización		24	Eduardo Chandia Ing Civ. Industrial
4	Alvaro Prieto AARQHOS– Arquitecto Experto Proy. Hospitalarios		15	Carlos Rivera – Ing. Hospital Militar		25	Ignacio Elias – Ing. Experto en diseño y construcción de hospitales a nivel internacional.
5	José Cerda AARQHOS - – Arquitecto experto en proyectos		16	Mauricio Vidal		26	Hernán Marambio Arquitecto MINSAL
6	Carlos Manríquez – Ingeniero en Climatización		17	Carlos Hugo Vozzi Ing. Experto en diseño y construcción de hospitales a nivel internacional.		27	Ana Maria Barreaux Arquitecta MINSAL
7	Consuelo Menéndez Arquitecta – Experta en Infraestructura Hospitalaria		18	Felipe Acuña		28	Juan Ernesto Nieto Jones – Ingeniero Civil UCH - MOP
8	Dra. Isis Alvarado – Medico y Ozonoterapeuta		19	Juan Nieto - Concesiones MOP		29	Gary Zenteno – Ingeniero en calefacción, refrigeración y aire acondicionado. Exp. Climatización
9	Hector Araneda Vidal-		20	Romina Albornoz Ingeniero en Climatización			
10	Victor Raymondi- Ing Civil UCH- MOP		21	Leonardo Bretzio Norambuena			

3.-TEMAS QUE SE ABORDARON

Al formar la Mesa N°19 denominada "Infraestructura Hospitalaria y las Lecciones de la Pandemia, Propuestas y Consideraciones Para Diseño y Ejecución Futura", nuestro objetivo fue formular una propuesta como Colegio de Ingenieros de Chile A.G. (CI) para la infraestructura hospitalaria que Chile necesita y las políticas públicas adecuadas para sustentarla. En reconocimiento de la necesidad de que participen todas las especialidades que intervienen en: el diseño, el cálculo estructural, la construcción, la operación y la mantención de los centros de salud; ante la carencia en el Colegio de las especialidades necesarias para poder analizar el tema desde una mirada experta en las distintas realidades del ámbito hospitalario, se enriqueció el trabajo con las alianzas que logramos conformar en el desarrollo del tema e invitando a diversas eminencias en las materias tratadas.

Dado lo anterior se trabajó en alianza con la Asociación Chilena de Arquitectura y Especialidades Hospitalarias AG. (AARQHOS), integrada por profesionales Arquitectos, Ingenieros de las distintas especialidades relacionados con el diseño y la construcción de hospitales, médicos, enfermeros y otros. Ello permitió enriquecer el nivel de expertos y con ello los aportes de los asistentes, dado que pudimos contactar a los profesionales idóneos en los diversos temas abordados en el proceso, con expertos que están o estuvieron a cargo del diseño y construcción de establecimientos hospitalarios, en las materias que se desarrollaron en el estudio.

Al enfocarnos en el tema, consideramos a la pandemia COVID19, luego denominada SARS-COV-2, nos ha puesto en una situación país que ha evidenciado condiciones que se deben mejorar en el ámbito de hospitales. En esta nueva realidad, vimos la oportunidad de generar un hito para el Colegio de Ingenieros, sus alianzas y el país. Visualizamos que desde el Colegio se puede liderar la iniciativa de aportar al país la identificación de soluciones en materia de infraestructura hospitalaria formulando una propuesta y consideraciones para el diseño y la ejecución futura, que permitan un óptimo funcionamiento del hospital y lograr proteger mejor al equipo de salud que trabaja en los hospitales.

Nuestro interés es ver al Colegio de Ingenieros de Chile AG influir en las mejoras futuras y de ser posible establecer una(s) política pública a proponer como Colegio Profesional en alianza con AARQHOS, por ser esta última la organización que nos facilitó los especialistas que permitieron realizar el trabajo, complementando las especialidades necesarias para elaborar una ponencia de calidad, logrando juntos contar con expertos en las áreas de arquitectura, proyectistas, medicina, ingeniería en infraestructura, concesiones y otras especialidades.

La esperanza de los integrantes de la mesa de trabajo se sustenta en los pasos que se deberán realizar para que el trabajo efectuado y contenido en este informe, sea encausado por los Consejeros Nacionales del Colegio de Ingenieros hacia las instituciones

respectivas, entre las que se encuentran los Ministerios: de Salud, de Obras Públicas y del Desarrollo y lograr influir.

4.-META A LAS QUE NOS ABOCAMOS

Formular un planteamiento a incorporar en los diseños futuros de establecimientos hospitalarios, considerando las lecciones aprendidas con la pandemia en Chile, para que estén mejor preparados para enfrentar las futuras emergencias sanitarias; en los aspectos que dicen relación con materias relacionadas con la presión, la climatización de pabellones y salas de infecciosos en hospitales de la red de salud pública.

5.-METODOLOGÍA DE TRABAJO

5.1 LAS ETAPAS QUE TUVO ESTE TRABAJO

1) Invitación a los participantes del Colegio por parte de la página web del mismo.
2) Diagnóstico general de la situación a analizar.
3) Conversatorio de motivación y filtro de temas a priorizar.
4) Identificación de brechas diagnosticadas en los temas priorizados.
5) Evaluación de la validez del diagnóstico con los expertos invitados.
6) Análisis de cada brecha con la mirada de encontrar la propuesta de valor para la solución e identificar los temas más relevantes a los que enfocar el análisis. Se contó con un plazo de 2 meses para el desarrollo del trabajo y obtener conclusiones como mesa.
   a) Se circunscribió el tema a mejorar las salas UTI, UCI y en las áreas donde está el personal, de los hospitales que estén en etapa de diseño.
   b) Buscamos cómo proponer un sistema que no siendo oneroso haga posible asegurar hospitales multifuncionales y ampliables.
   c) Buscamos en los nuevos diseños de hospitales, tanto en materia de clima como del diseño, asegurar que se considere un presupuesto suficiente como para realizar la obra y luego la mantención respectiva.
   d) Visualizamos cómo definir el cambio cultural necesario para que lo acordado en la mesa se pueda implementar.
7) Luego de formular el diagnostico e identificar debilidades y fortalezas, se procedió a formular propuestas de solución y a evaluarlas con los expertos. Enfocamos los esfuerzos en obtener luego de un análisis técnico una normativa que ayude a generar mejoras especialmente en el diseño de los hospitales que permitan fortalecer los sistemas de climatización, de sanitización y de acceso (ingreso y evacuación).

8) Se enriqueció el documento con los aportes realizados por los asistentes, tanto en materia normativa como con documentos técnicos relacionados con los temas tratados. Dado que sustentan las afirmaciones y conclusiones de este informe, se adjuntan los documentos analizados durante el desarrollo del trabajo de la mesa.
   a) Normativa vigente en materia de climatización aportada por el ingeniero en climatización, Gary Zenteno.
   b) Proyecto Criterio de Diseño Hospital en Pandemia. Por los profesionales Julio Rojas Sieveking y Alejandro Suarez Jansson.
   c) Romina Albornoz Maluenda, proporcionó la información de sistema Plasma y compartió un video que se puede visualizar en el siguiente link https://vimeo.com/283055297 y nos realizó además una presentación en power point sobre luz UV y sistemas de ionizadores.
   d) Pablo Rubio de los Rios y Victor Moraga Z. nos dieron a conocer el Ozono y proporcionaron la información que se indica en el informe.
   e) Eduardo Chandia Rojas quien nos presentó el mercado de la luz UV-C
9) En materia de sanitización entendemos que se necesitan medidas de gran impacto, futuras e inmediatas, para ser consideradas en la eliminación de agentes patógenos perjudiciales para la salud humana en las redes de aire y climatización de las instalaciones hospitalarias de nuestro país.
10) Formulación de propuestas de valor y conclusiones identificando las brechas en diseño, climatización, sanitización, señalética y otros.
11) Formulación del procedimiento a seguir con las propuestas de valor y las conclusiones
12) Informe final.

6.- DIAGNÓSTICO

6.1 En materia de cálculo, diseño y construcción

1) El estudio de vulnerabilidad del terreno escogido para construir un hospital y de su entorno influyen en su costo y en la factibilidad de construcción. Al no exigirse en las bases se debe improvisar en el proceso de construcción.
2) Todos los esfuerzos que se hagan para dejar establecido que se realicen hospitales ampliables, y para que se dejen espacios en el terreno para hacer posible la ampliación de volúmenes o según el caso hacer posible instalar un hospital de emergencia y dejar la obra gruesa lista con ascensores que lleguen a esos pisos para poder poner ampliaciones en forma inmediata. Al construir uno o dos pisos sobre un hospital existente, si se deja la obra gruesa esa costará a lo más el 20% del costo total del hospital, aumenta ínfimamente el costo de construcción dado que el costo de operación se aprovechará por muchos años y a lo menos se gastará durante 50 años.
3) Se detecta que todo está relacionado y todas las especialidades en materias de hospitales se deben incorporar en todos los estudios que se realicen para mejorar lo existente. Además es necesario incorporar los conceptos establecidos en la normativa existente en las materias antisísmica, vulnerabilidad hospitalaria, tratamiento de residuos radiactivo como también implementar lo relativo a la norma específica para la estructuración de lo no estructurado. Ej. En la flotación de los estanques subterráneos en caso de napas subterráneas, los cielos falsos con los elementos antisísmicos necesarios para Chile, etc.
4) La UTI tiene salas de aislados y en los nuevos proyectos se considera separar las salas de Inmuno deprimidos de las de Infecciosos, es decir que no sean duales o bivalentes;
5) No se pudo resolver en la mesa el establecer un número fijo de salas a construir, tanto de inmunodeprimidos o de infecciosos en un hospital. Hoy la Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (mas adelante ASHRAE) señala que lo ideal es que las salas de inmuno deprimido respecto de infeccioso sean totalmente independientes y no duales bivalentes, ello precisamente por el tema de limpieza aunque se conozca la situación con anticipación como para alcanzar a preparar una sala al ver el avance del paciente; esto es recomendable para tener control de presiones más eficiente y disminuir el riesgo de contaminación cruzada. Pero si hay que hacerlas duales sería básicamente en base a un control sectorizado, en base a templadores motorizados y generando en el caso del infeccioso una extracción mayor que la inyección para que provoque una depresión por un largo tiempo.
6) Actualmente cualquier recinto con más de 1,50 mts es considerado habitable y computable como superficie, lo que hace imposible incluir pisos mecánicos con las alturas necesarias para el buen desarrollo e inspección de las instalaciones.
   Por lo general, es la superficie disponible lo que complica porque no se tiene el espacio suficiente para colocar lo que corresponde, si fuese así podríamos contar con la convertibilidad y la flexibilidad que se necesita en caso de emergencia con las condiciones necesarias.
7) Se prioriza reducir el costo de construcción en vez del de operación anual, cuando se puede reducir el segundo logrando hacer una mejora en la construcción mejorando la

calidad efectiva de la obra con un menor o igual costo final. Indica que se están exigiendo mejoras que contemplan helipuertos y barandas, sin embargo por lo citado en varias ocasiones se rechazó la instalación de helipuertos o aisladores sísmicos.

8) Los costos de explotación y mantenimiento de un hospital son bastante mayores por año, de lo que cuesta construir y habilitar un hospital.
9) Las empresas constructoras en el caso de las concesionarias son antecedentes referenciales pero no significa que sean obligatorios, sin embargo en un proyecto de TC obviamente el proyecto es obligatorio y es poca la cancha que tiene la constructora de modificar el proyecto y si lo modifica para arriba o para abajo hay sobrecostos que el Estado tiene que pagar.
10) El costo del hospital está dado por el programa médico arquitectónico, por las condiciones que requiere el hospital, la complejidad que se le quiera dar tanto en el ámbito médico, clínico y de ingeniería; en eso está el costo no en la superficie. La superficie cuesta poco y es despreciable en cuanto al costo de operación del hospital. Este problema existe hace más de 46 años y se debe resolver.
11) Se destaca que no se debe tener miedo a no hacer tan restrictivo el ítem costo, que siempre se relaciona con los metros cuadrados, sin embargo, los metros cuadrados no es lo que da el costo del hospital sino que es el programa lo que define dicho costo. En 200 metros cuadrados puedo incorporar 3 pabellones quirúrgicos y si lo acomodo bien y agrego más cosas como puertas herméticas especiales, aire acondicionado y otras cosas pueden permitir que quepan hasta 4 pabellones en los mismos metros cuadrados, por lo tanto, el costo no lo dan los metros cuadrados sino el programa.
12) Los hospitales concesionados más nuevos están considerando mucho de lo citado Se concluye que los diseños en Chile se ponen a prueba en la cultura hospitalaria. Se destaca que hay hospitales que se construyen en los periodos de tiempo y se destaca que uno de ellos con aisladores sísmicos y otro sin ellos lograron obtenerse con el mismo costo, de ello se deduce que los aisladores en el que se consideraron fueron gratis. El Félix Bulnes es un ejemplo destacable que hoy pudo utilizarse y ayudar a mucha gente. Es probable que el incremento de costo pueda ser alto al buscar la excelencia en el tema y que después no sirva para nada, ello porque no necesariamente el uso que se le dé al pabellón requiera utilizarlo. Se da como ejemplo que hay pabellones preparados para trasplantes de medula que en un hospital general lo que no es lógico y, sin embargo, está pasando. Se cita que en el Hospital de Antofagasta se diseñó todo un sistema de clima para tres pabellones, para que lleguen a 18 grados Celsius con un 25% de humedad, se tuvo que comprar equipos de refrigeración nuevos especiales para esos 3 pabellones.
13) En el caso de los pacientes inmunosupresores y también inmuno suprimidos, que se deja una cantidad de recintos o espacios con la presión negativa pero se hacen poco en estos casos, entonces cómo poder hacer de una forma más flexible que sea susceptible de modificar sin que sea necesario mayores costos, si es que las posibilidades de los manejadores de aire o ventiladores hacen posible el sistema Dual o utilizar como en otros países por ejemplo dónde se usan unas verdaderas cápsulas o cúpulas de plástico.
14) Respecto a la dualidad de los sistemas se solicita opinión del ingeniero en climatización, quién indica que las salas duales para inmunodeprimido o infeccioso antiguamente se hacían duales pero por un medio muy precario envase a templadores o en base a cerrar

las extracciones que venían de los baños incluso con algún tipo de tirante o cadenita que pudiera abrir y cerrar los templadores. Eso se hacía básicamente por un tema de costo, los precios prohibitivos de templadores motorizados y del control centralizado todo eso impedía que por los bajos costos que tenía una vez terminado el hospital pudiera generarse valores adicionales en la instalaciones. Posterior a eso los costos de templadores motorizados pudo resolverse sin problema y lo que normalmente se hace en una sala de infectados hoy mono deprimidos para que sea Dual es básicamente tener una inyección superior a la extracción para que sea inmunodeprimido y en la eventualidad de que se convierta en infeccioso generar con una mayor extracción que la inyección, la presión correcta en la sala.

15) En las UCI y UTI la condición de bivalentes respecto a la presión de aire positiva y negativa depende del tipo de atención que preste el Hospital, de sus exigencias y de su condición.
16) Aprovechar la experiencia respecto a la eliminación de zonas y disminuir costos que generan a la larga problemas de mayor envergadura.
17) Los equivalentes técnicos sin duda han sido útiles, muchas veces han significado mejoras en cuanto a las implementaciones que consideren nuevas tecnologías y mejores calidades. No es recomendable utilizar el criterio “o similar” Se deben usar los conceptos adecuadamente, el equivalente técnico o el “o similar” si no son bien especificados generan confusión e imprecisiones.
18) Los usuarios de la red hospitalaria y de los CESFAM podrían mejorar y hacer más eficiente su uso. Podríamos utilizar la atención primaria de salud como corresponde ya que en muchos casos, no necesitaríamos llegar al volumen de la atención terciaria. Hay un problema de cultura que resolver.

6.2 Climatización

1) Existe en el mercado equipamiento de climatización que es muy eficiente tanto en operación como en mantenimiento, un claro ejemplo son los chillers magnéticos, los cuales levitan sobre su eje y no generan fricción , tienen menos roce y son los más eficientes del mercado. En Chile se instalaron en la ACHS. Otro equipo importante son los recuperadores de calor, los cuales toman el calor de rechazo del chillers y pueden elevar la temperatura de entrada del agua a las calderas, lo cual produce un ahorro en el consumo del gas de estas.
2) En Chile la humedad relativa del aire está alrededor del 50%
3) Un pabellón funciona entre 18 y 20 grados celsius. No puede tener 24 grados Celsius un pabellón con infección intrahospitalaria. Debe ser posible subir la temperatura, tal vez a 24 grados Celsius o algo así en el caso de un pabellón pediátrico.
4) Se cita ejemplo de hospital con temperatura elegible entre 18 y 22 grados, que obliga a tener que diseñar un sistema que permita que en algún momento ese pabellón pueda tener 18 gados con un 55% de humedad, implicando ello duplicar la potencia de los equipos de aire. El % de humedad es relevante dado que el mayor problema en esos casos es el controlar hongos.

5) La humedad considerada normal en un pabellón es entre 50% y 55% de humedad. Esta depende también de la temperatura ambiente.
6) Se debe considerar que el metabolismo baja cuando baja la temperatura y el comportamiento fisiológico del cuerpo de la persona que se está operando.
7) Los lugares para estar del personal de salud no siempre tienen la temperatura adecuada para los pacientes.
8) Los pabellones tienen un foco turbulento y con aire seco, eso propicia que se levante mucho polvo al interior del pabellón, desde la ropa que se ocupa. Se parte de la base que el pabellón está limpio y bien aseado, sin embargo, igual hay partículas en suspensión, en consecuencia se vio que los ductos de aire deben tener filtros EPA para que mantengan las partículas, que en la inyección no entraran nuevas partículas que sólo quedaran las partículas que estaban dentro del pabellón y una forma de mitigar ese polvo en suspensión era pudiendo aumentar la humedad, en consecuencia se propuso que si se aumentaba la temperatura de confort no debía superar los 24 grados. Se propuso que tal vez habría que tener otro ducto, que sea diferente al de inyección de aire para mantener la humidificación de tal forma que no se generen hongos. Se piensa en ductos galvanizados.
9) La temperatura y humedad son temas que dan para una conversación especial, sobre todo porque se debe considerar qué tipo de cirugía o uso se le dará al pabellón. Al trabajar ese tema es necesario contar con las especializaciones para ese análisis.
10) Se destaca que un pabellón traumatológico y uno de medicina interna tienen características muy diferentes. Para estos efectos se analizó el tema de pabellones por tener relación con el tema de turbulencia. De antes de la pandemia se tienen identificados los requisitos propios y bien acotados, tal vez sólo podríamos abocarnos a buscar la forma de minimizar el flujo turbulento o de eliminar el polvo en suspensión que se mencionaba.
11) En relación a lo aprendido con la pandemia, se señala que los pabellones y las UTI fueron utilizados para pacientes entubados COVID, por sus características y por todas las instalaciones eléctricas y de gases clínicos con que cuentan; esta es un área que antiguamente no se había utilizado nada más que para operar.
12) Por instrucciones del Ministerio de Salud e instrucciones intrahospitalaria se dejó de operar al momento del peack de la pandemia. Las UTI eran áreas que estaban sin uso e implementadas con todas las instalaciones necesarias y se utilizaron para mantener pacientes críticos.
13) En cualquier diseño hay que considerar el tema de flexibilidad de las instalaciones.
14) Los ductos se ubican en lugares húmedos y oscuros, por lo que es muy probable que rápidamente en ellos crezcan hongos.
15) La luz ultravioleta es una buena alternativa para la sanitización de aire contaminado.
16) Para controlar el polvo se puede usar precipitador electrostático.
17) Para los aspectos operacionales, se recomienda que la humedad esté entre 40% y 60%, siendo lo normal tratar de mantener 50% y la temperatura entre 20 y 24 ºC, siendo lo normal tratar de mantener entre 20 y 22 ºC. Los ductos de transporte de aire en forma normal son construidos en acero galvanizado y no en acero inoxidable. La ASHRAE, en su documento: “Posicionamiento de ASHRAE sobre aerosoles infecciosos” emitido el 14 de

Abril del 2020, por su lado no se pronuncia por la temperatura o la humedad en específico, pero indica algunos criterios interesantes a considerar.

18) Los sistemas de H V AC se diseñan para controlar la temperatura y la humedad, lo que a su vez influye en la transmisibilidad de agentes infecciosos. Aunque los sistemas de H V AC pueden diseñarse para controlar la humedad relativa, hay retos prácticos y efectos potencialmente negativos de mantener ciertas consignas de humedad relativa en todas las zonas climáticas.

19) Mientras que el peso de la evidencia en estos tiempos (Derby et al. 2016) sugiere que el control de la humedad relativa reduce la transmisión de ciertos organismos presentes en aerosoles infecciosos, incluyendo ciertas cepas de gripe, este documento de posicionamiento anima a los profesionales del diseño a prestar especial atención a la consideración de la temperatura y de la humedad relativa.

20) Además, biólogos han correlacionado los niveles medios de humedad con la mejora de la inmunidad de los mamíferos contra las infecciones respiratorias (Taylor and Tasi 2018). El informe de Mousavi et al. (2019) sugiere que la literatura científica generalmente refleja que la supervivencia más desfavorable para microorganismos se produce con una humedad relativa entre 40 y 60%(nivel de evidencia B).

21) La introducción de vapor de agua en los entornos interiores para alcanzar niveles de humedad de rango medio asociados con un nivel reducido de infecciones requiere la adecuada selección, funcionamiento y mantenimiento de los equipos de humidificación. Climas con inviernos fríos requieren un adecuado aislamiento del edificio para prevenir puentes térmicos que conducen a la condensación y el crecimiento de moho (ASHRAE 2009) Otros estudios recientes (Taylor and Tasi 2018) identifican que la humedad relativa juega un papel importante en las infecciones de pacientes. Estos estudios muestran que humedades relativas por debajo del 40% se asocian con 3 factores que incrementan las infecciones. Primero, y como se analiza previamente, los aerosoles infecciosos emitidos desde un huésped primario se contraen rápidamente para transformarse en núcleos de goticulas (gotas muy pequeñas) y esos patógenos de infección todavía latentes permanecen en suspensión en el aire y son capaces de recorrer grandes distancias.

22) Cuando se encuentran con un huésped secundario hidratado se rehidratan y son capaces de programar la infección. Segundo, muchos virus y bacterias son anhidro resistentes (Goffau et al. 2009; Stone et al. 2016) y realmente han incrementado la viabilidad en condiciones de baja humedad relativa. Y por último, los inmunobiólogo acaban de esclarecer los mecanismos a través de los cuales un ambiente por debajo del 40% de humedad relativa debilita las barreras de las membranas mucosas y afecta a otras etapas en la protección del sistema inmune (Kudo et al. 2019). (Nivel de evidencia B).

6.3 Otras Especialidades

1) Existe la necesidad de dotar de Gases Médicos a lo menos de Oxigeno y Aire Medicinal para Triage, Urgencia, dado que la pandemia nos demostró que pacientes debían esperar largas horas antes de ser tratados.
2) El sistema eléctrico no debe dejar de proveer energía al hospital en ningún momento y eso no siempre se considera en forma suficiente en el diseño. Es necesario que nunca falle este sistema y debe considerar un sistema de reemplazo inmediato que asegure que si se corta uno siempre funcione el otro.
3) Hoy es necesario que se cuente con un Sistema de Corrientes Débiles y cableado estructurado totalmente independiente para el Hospital y que se considere un hospital Modular.
4) Es necesario incorporar las instalaciones necesarias descritas en este informe para arquitectura, en materia de reconversión de habitaciones, de recintos aislados y en UCI/UTI. Actualmente no se incorporan las instalaciones necesarias en Pasillos de Urgencias, Urgencia y Triage. No se consideran Instalaciones Sanitarias en el diseño para dotar de agua en modo pandemia, dado que aumenta la cantidad de camas siendo necesario duplicar los estanques de acumulación de agua.
5) La señalética influye en la operación del equipo de salud de los centros hospitalarios. Se ha detectado la no presencia de la señalética adecuada y es necesario que exista dirigida al personal de salud en tema de circulación y acciones que deban realizar antes de entrar a los lugares en que hay restricciones según la condición del paciente o del lugar. Es necesario que dicha señalética esté ubicada en lugares estratégicos, tanto en lenguaje nacional e internacional dónde se integre traducciones en los idiomas originarios del sector donde esté emplazado el recinto de salud.
6) Se detectó la necesidad de educar con la señalética y con cursos específicos dirigidos a las personas que utilizan los distintos servicios de salud.

6.4 Sanitización

1) Las fuentes de contaminación son variadas siendo las más comunes en los recintos hospitalarios: las enfermedades humanas, las partículas por materiales de construcción o polvo, falta de ventilación, los químicos de limpieza, CO2 producido por las personas, los productos de cuidado personal, pinturas, gases de combustión, falta de mantenimiento del sistema de climatización y otros.
2) La sanitización se debe considerar en los nuevos diseños y la bondad de las distintas técnicas para realizarlas se deben evaluar con una mirada con proyección a futuro considerando además las dependencias en forma específica.
3) En el caso de la UTI y la UCI, ya están preparados con un 100% separados del exterior, si yo ya tengo el 100% tengo además un aire bastante limpio dentro con filtros hepa qué más tengo que hacerle en periodos de coronavirus, básicamente tratar de mejorar eso en forma paralela, si bien es cierto no es 100% efectivo sabemos que todas lo que apliquemos el sistema va a minimizar el virus pero no lo va a eliminar. Entonces cuándo se tiene un pabellón con 100% al exterior supongamos que no hubiese tenido filtraje ni aire exterior está mucho más limpio porque lo estoy tomando de una sala de máquina desde el exterior, está mucho más limpio que recircular el aire lo que es mucho mejor que el aire acondicionado de los edificios, si yo no circulo el aire y estoy con una persona infectada está generando más de 10 respiraciones por minuto al ambiente y por lo tanto cada vez aumenta la carga viral dentro de ambientes cerrado, si le meto aire exterior se diluye y mientras más limpio el aire exterior que yo le ponga más se diluye salvo que la persona de mantención esté contaminada y tosa o estornude justo en el ingreso del aire de modo ya que el virus entre, en cuyo caso el virus entrará.
4) Las recepciones de los hospitales no son aprobadas porque miden el particulado y tratan de ver si están bien instalados los filtros y no están bien instalados les dejan una abertura en un sector o en otro sector no les ajustan bien los sellos y por lo tanto es factible que un virus que esté afuera y lo haya emitido mantención se vaya hacia adentro con el flujo del aire. En general los virus no vuelan y por eso la OMS recomienda que el distanciamiento social sea de 1 o 2 metros y la mascarilla.
5) Hoy el mayor problema es que las salas pabellón UCI y UTI, una vez que ingresa una persona infectada, la sala queda infectada por lo que lo más importante es cómo se limpia esa sala como se sanitiza, hay formas de hacerlo en esos ambientes como las ya nombradas ionización bipolar y la luz ultravioleta que en el fondo es ozono y la mezcla de sanitizar con forma de oxígeno ozono.
6) Los ductos también se pueden sanitizar con ozono y eso no tiene ningún problema porque existen equipos con los cuales se pueden hacer.
7) Respecto a los virus efectivamente la carga viral está cuantificada y de acuerdo a la carga viral que exista en el ambiente se determina si uno está en riesgo de infectarse o no, eso está cuantificado incluso con el virus COVID; está establecida hasta cuando uno realmente se infecta con COVID. Los últimos centros hospitalarios construidos están con estas especificaciones técnicas mencionadas y donde se han detectado falencias en ver cómo se sanitiza eficientemente. Se ha detectado la necesidad de revisar estas condiciones en las infraestructuras que son antiguas y/o en aquellas que se están

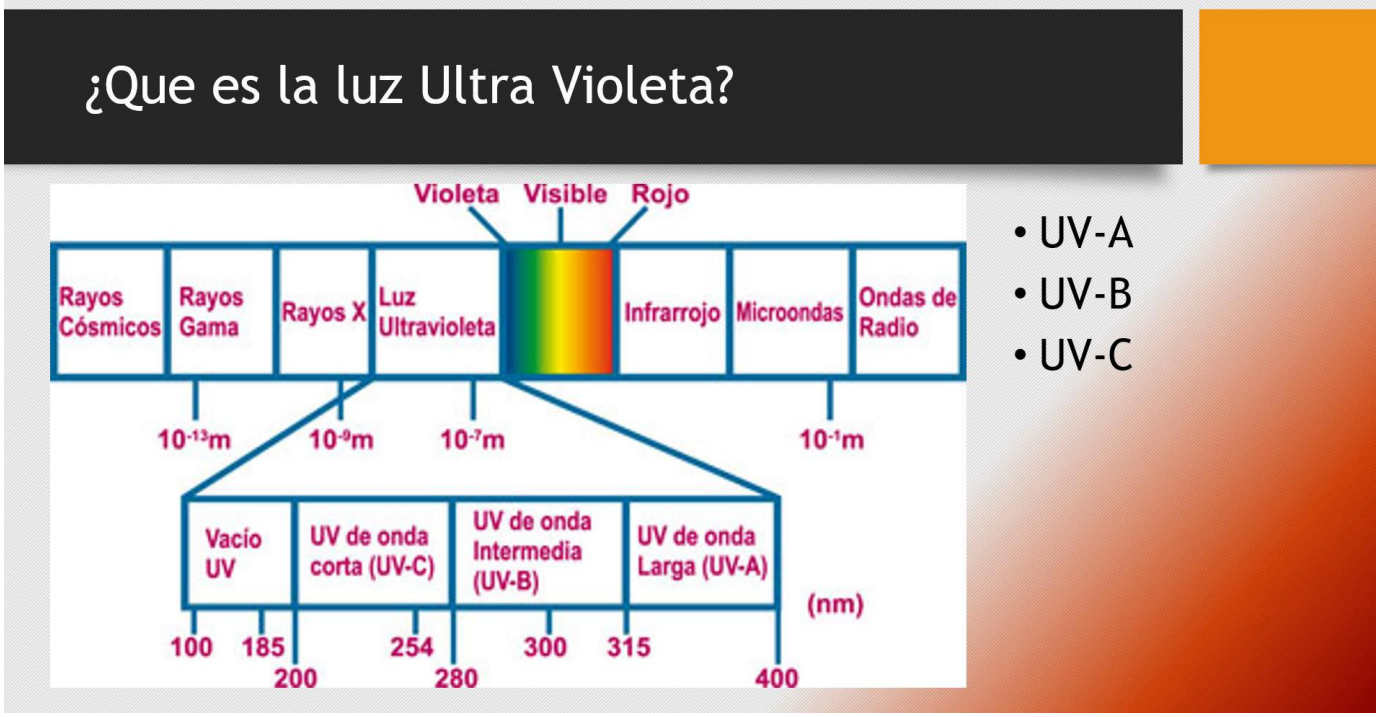
construyendo en terrenos propicios para propagar infecciones. Hay hospitales en que sólo cuentan con la posibilidad de abrir las ventanas para lograr que se limpie el aire y hay otros como es el Hospital de Melipilla que se está construyendo en un terreno que eran arrozales, cuando empezaron a construir fue necesario instalar bombas para sacar el agua que se produjo en los subterráneos y lo que más preocupa todavía es que hay canales de regadío que pasan por el costado y por el frente del hospital, hasta ahora no queda claro cómo van a solucionar eso, al parecer entubarlos.

8) Se ha detectado una debilidad en centros de salud y es la carencia en condiciones de sanitización para el personal que se traslada desde lugares externos al centro de salud. Cuando llegan a sus lugares de trabajo, en los centros de salud hospitalarios, especialmente en UCI y UTI, no se cuenta con un lugar aprpiado para que el personal pueda cambiarse de ropa y tener ropa de trabajo de modo que se garantice su condición de higiene.
9) Se ha detectado la necesidad de minimizar el cruce de infecciones por el no lavado de manos del personal. Este es motivo de alto contagio derivada por la falta de aseo tanto en manos como en vestuario. Hoy se debe asegurar este higiene con el uso de la tecnología existente, proporcionando tanto lugares como materiales para la higiene de manos y ropas. Se podría considerar la instalación de cortinas de aire, lavanderías de ozono entre otros.
10) En los establecimientos de salud se ha detectado que no hay lavamanos en todos los lugares donde se desempeña el personal y se necesita asegurar que el personal de salud se lave las manos minimizando con ello el traslado de la contaminación. Además, se detectó lo que se estima de suma gravedad que es el hecho de que en los lugares donde hay excusados no siempre están acompañados en el mismo cubículo de lavatorios, no cumpliendo con medidas de higiene ni salubridad. Todos los excusados deben tener un lavatorio que permita el acceso al agua, tanto los que utilizan el personal de salud, los enfermos y el público en general; por dignidad la persona se debe poder limpiar la sangre, deposición o vómitos antes de salir al lugar externo del excusado. Esto no genera mayor costo y existen estudios que demuestran que además se ahorra superficie, debería ser criterio nacional.
11) Está claro que el virus puede montarse en una partícula de polvo o el aire empujarlo por el aire acondicionado por ejemplo cosa que ocurrió en China en un restaurante y llevárselo mucho más lejos que un metro, 12 metros, entonces en ese sentido hay que buscar filtrar el aire los pabellones ¿Cómo se hace? hay que seguir aplicando las sobrepresiones del pabellón, instalar elementos que sean paralelos a éstos y que puedan mejorar el aire. Hay proveedores que están dando charlas de sus productos entre las que nos pareció muy interesante la ionización bipolar por plasma que genera iones positivos y negativos pero es una sanitización activa no pasiva como el filtro que si yo lo limpio y hay una carga viral afuera se me va a contaminar igual en cambio está ionización Bipolar lo que hace, es que a través de un campo electromagnético genera iones positivos y negativos de oxígeno. Estos iones se van a adherir a microorganismos como virus, bacterias y hongos rompiendo su membrana por el método de “oxidación” y cambiando su composición química por un compuesto menos dañino o simplemente inactivándolo, haciendo el ambiente que respiramos más fresco y limpio. La luz ultravioleta es también

un medio que se puede utilizar en paralelo. Pero insistimos que en el pabellón quirúrgico UCI y UTI ya tenemos el 100% de aire exterior que es lo que uno trata de obtener.

12) Es necesario considerar el tema de sanitización como uno de los temas considerados relevantes; éste aún está en desarrollo. No es posible optar por solo uno de los métodos de sanitización; lo óptimo es utilizar, en lo posible, todos los métodos o a lo menos dos de ellos y tomar la decisión de cuál utilizar de acuerdo al espacio que se sanitizará.
13) Todas las instalaciones tanto sanitarias como de clima no siempre quedan provistas de equipos para sanitizar en el diseño desde el principio, al igual que las medidas necesarias para asegurar el proceso de sanitización continua o la mantención de los sistemas. Los criterios son variados en los distintos servicios de salud a lo largo del país y no se van a aprovechar las experiencias ni compartir las vivencias o aplicación de mejoras, lo que se estima podría mejorarse si se unificaran criterios a nivel nacional aplicando el concepto de mejora continua.
14) Los métodos de sanitización que deben considerarse son:
    - Biológicos: La luz ultravioleta UV.
    - Químicos: La oxidación por combustión catalítica fotocatálisis, el ozono y la ionización.
15) Es mejor procurar un ambiente limpio y para ello es de vital importancia el tratamiento del aire interior de las dependencias en los centros de salud.
16) La ASHRAE define los estándares mínimos para una adecuada circulación del aire en espacios internos, la norma considera una cantidad de aire exterior que debe renovarse en cada recinto y esto ayuda a diluir la contaminación.
17) La renovación de aire depende principalmente del tipo de recinto, de su uso también de la cantidad de personas presente.
18) Las personas respiramos entre cinco y seis litros de aire por minuto, eso determina que en 24 horas una persona respira entre 7.200 y 8.600 litros, este aire interior fácilmente puede llegar a ser hasta 10 veces más contaminado que el aire exterior.

6.4.1 La luz ultravioleta (UV)



Es un método biológico que actúa en la estructura del ADN a través de la radiación.
Es necesario instalarlo dónde no esté en contacto con personas.
La luz UV-C es un tipo de radiación electromagnética que naturalmente proviene del sol, no llega a la superficie terrestre ya que queda retenida en la capa de ozono.
Este tipo de energía UV-C tiene grandes propiedades germicidas y está científicamente comprobada su acción sobre variados microorganismos patógenos causantes de numerosas infecciones, ya que ataca el material genético de virus y bacterias, inactivándolos e impidiendo su replicación.
La luz UV-C se utiliza hace bastante tiempo en la industria de la purificación de agua, plantas procesadoras de alimentos, industria gráfica, laboratorios, entre otros.
Los actuales métodos de desinfección no son aislados y se necesitan más, mejores y nuevas medidas para alcanzar niveles superiores de bioseguridad, todos son un complemento entre sí.
La industria de la iluminación ha desarrollado lámparas UV-C o tubos UV-C con capacidades germicidas comprobadas, los cuales están a disposición para ser utilizadas solo por profesionales.
Actualmente en Chile los diseñadores y fabricantes de dispositivos UV-C son acotados debido al desconocimiento en la aplicación, utilidad y beneficios económicos que se podrían llegar a tener si es que se utiliza correctamente. No así en EE.UU y España, por indicar algunos países, ya que han debido actualizar las normativas de fabricación y utilización de equipos UV-C debido a la alta confección de equipos sin las medidas de seguridad correspondientes.

Otro tema no menor es la normativa vigente de cada país para regular su uso, fabricación de equipos con medidas de seguridad y correcta utilización.
Estudios recientes de la Universidad de Boston, indican que la luz UV-C inactiva el virus SARS-CoV-2 con dosis adecuadas de esta, lo que es una excelente noticia para todas las naciones afectadas por esta brutal pandemia.

- ***Los beneficios***

a) Baja la caída de presión en el serpentín.
b) Aumenta el flujo de aire.
c) Proporciona aire más frío lo que permite una mejor transferencia de calor
d) Restaura la eficiencia del serpentín
e) Detiene y controla el crecimiento microbiano

- ***Peligros a considerar***

a) Tiene efectos negativos sobre la vista, deben tomarse precauciones.
b) Se ocupa en equipos y accesorios de seguridad para cuidar como etiquetas indicadoras y apagadores de puerta.
c) La alimentación eléctrica va de 120 V y 277 V.
d) La vida útil es de 2 años en promedio con uso de 12 horas diarias.
e) Como precaución existen stickers con indicaciones, switch de puerta cables y otros accesorios.

- ***Propuesta control ambiental con dispositivos UV-C***

En los centros de atención de salud futuros será necesario tener un control ambiental ante los posibles ataques de agentes patógenos existentes. Por ello es necesario desinfectar mayores cantidades de superficies y ambientes (aire), además, en el actual contexto de pandemia, se debe inactivar la mayor cantidad de virus que son expulsados al aire.
La luz UV-C o Ultravioleta germicida se transforma en un aliado ideal, ya que es capaz de desactivar todos los microorganismos o patógenos siendo un desinfectante universal. Se debe incluir en los nuevos sistemas de aire acondicionado la desinfección constante instalando lámparas UV C en las cercanías de los serpentines, esto se traducirá en un ahorro de hasta un 20% en los costos de energía del sistema de aire acondicionado.
Un sistema de aire acondicionado de 250 toneladas pude llegar a producir 6.000 litros de condensado utilizable por día alcanzando 180.000 litros cada mes que se pierden por ser un producto contaminado.
El gobierno de Estados Unidos estima que las empresas en promedio pierden entre 14 y 15 minutos de cada empleado por día debido a la mala calidad del aire del interior lo que genera una pérdida de US$70.000.000/año.

Ha sido demostrado que virus como Legionella y el SARS, debido a su peso, viajan a través del aire al igual que innumerables agentes patógenos.
El día 24 de Junio del año 2009 la junta directiva de ASHRAE publicó un documento de posición "AIRBORNE INFECTIOUS DISEASES" en el que el aire acondicionado propaga los virus, esto ha sido confirmado por estudios médicos incluyendo unos recientes sobre el NOROVIRUS (NOV).
Los hospitales se sienten protegidos por el uso de filtros HEPA, que bloquean el 99.97% de las partículas, sin embargo un pie cúbico de aire contiene típicamente 100.000 micro partículas que viajan por el aire a una velocidad aproximada de 4 metros por segundo a través de un ducto de 60x60 cm, en NOVA SEGURITY SPA OCTUBRE 2020 se nos informó que como consecuencia se tuvo 320.000.000 de micro partículas por minuto que pasan por este ducto a esa velocidad, por lo tanto el promedio de 0,03%, es decir, 96.000 partículas por minuto pueden atravesar el filtro HEPA, si algunos de estos microorganismo pasa la barrera podría infectar a los pacientes.
Hay cuatro agentes patógenos en los edificios:

- En primer lugar: Las bacterias como Legionella entran al edificio desde el exterior con el aire de reposición,
- En segundo lugar: Las bacterias y virus como el tuberculosis y la gripe son introducidos al edificio por la gente (vectores), una vez en el aire los agentes patógenos se distribuyen por todo el edificio a través de los ductos de aire acondicionado pasando con facilidad por los filtros primarios provocando gripes leves o enfermedades más graves.
- En tercer lugar: la causa más seria de la mala calidad del aire son el moho y hongos que crecen en los serpentines y bandeja de condensado. Las microtoxinas y esporas del moho se propagan por todo el edificio causando asma, cansancio, dolores de cabeza, gripe y baja productividad.
- En cuarto lugar: el moho que crece en el serpentín se convierte en un caldo de cultivo, esto permite que la mugre que pasa a través por los filtros se pegue a las aletas del serpentín formando un complejo biofilms que produce y libera microorganismos infecciosos como MRSA, Pseudomonas y Aspergillus los cuales también son propagados por todo el edificio. Los biofilms que se generan en los serpentines producen una caída ostensible de aproximadamente mil veces la tasa de transferencia de calor.

El resultado de instalar LUZ UV germicida en los sistemas de aire acondicionado6 genera aire de calidad, la caída de enfermedades del personal y ausentismo laboral entre un 25 a 50%, además de reducir increíblemente las infecciones intrahospitalarias y dineros asociados.
Un estudio realizado por el Departamento de Pediatría, Neonatología, Universidad de Buffalo, Universidad Estatal de Nueva York, Hospital de Mujeres y Niños de Buffalo, Buffalo, NY 14127, EE. UU demostró que con una inversión de solo US$ 30.000, hubo una caída de infecciones de un 40% con ahorros anuales en antibióticos, exámenes de laboratorio, costos médicos y de enfermeros sorprendente traducidos en unos US$

800.000 /año. El Hospital tuvo una estadía más corta de pacientes y mayor disponibilidad de camas8. Aire Dentro de la Instalación Hospitalarias.

Además de implementar la luz UVC en los Aire acondicionado, debemos preocuparnos también por el aire contaminado por vectores externos, dado que existen lugares con mayor contaminación biológica, como salas de espera, camarines, quirófanos box, baños, ascensores, casinos y otros, donde exista un mayor flujo de personas con la finalidad de disminuir las cargas virales de cada uno de estos lugares.

Se recomienda, Instalar purificadores de aire en pasillos y salas de espera, etc. Para elevar la bioseguridad de cada espacio. La gráfica anterior indica la disminución de la carga microbiana de las superficies de la unidad de cuidados intensivos neonatales (UCIN) la cual fue muy variable al principio del muestreo, pero todas las superficies se acercaron a cero durante la irradiación germicida ultravioleta y su implementación en los equipos de aire acondicionado.

Durante el trabajo de la mesa se recibió la propuesta de Nova Segurity S.p.A, empresa que está enfocada en poder intervenir los serpentines existentes de los actuales equipos de aire acondicionado y realizar pruebas instalando tubos germicidas UV-C., sin valor comercial, solo es estudio e investigación, ya que como se ha dicho anteriormente, los dispositivos son de bajo costo y de rápida instalación. De avanzar en esta iniciativa, sería necesario realizar las gestiones pertinentes para contar con alguna instalación que se pueda intervenir en alguna mantención programada de estos dispositivos. Los resultados esperados se podrían comprobar entre 2 y 3 meses, lo que es un tiempo prudente para evaluar mayores inversiones cercanas o futuras, dichas pruebas propuestas pueden ser una solución inmediata, rápida y de bajo costo, además de presentar la ventaja de mejorar lo existente y proyectarlo en futuras instalaciones hospitalarias.

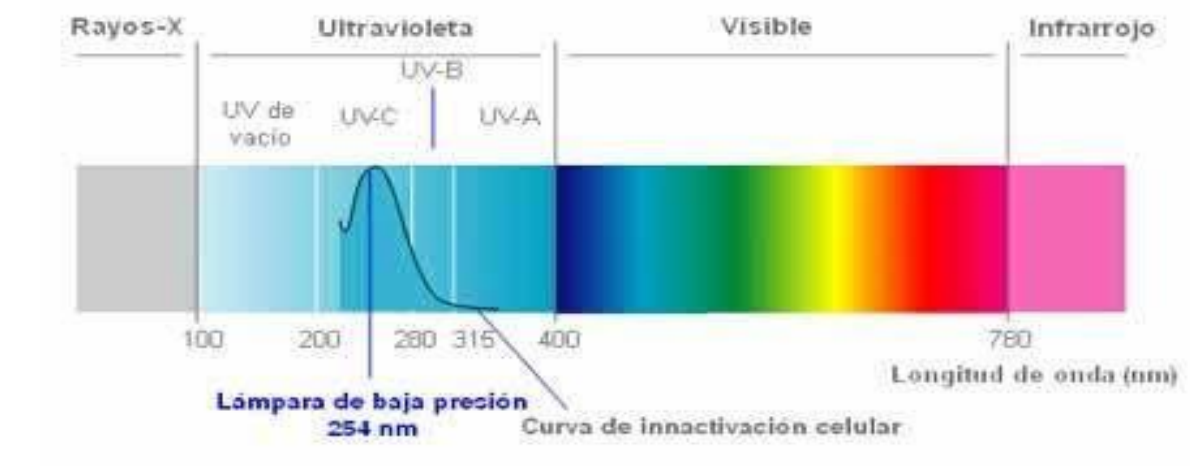


Figura 1. Intervalos de la radiación UV y curva espectral de inactivación celular. http://laenciclopediagalactica.info/2017/11/24/pasteurizacion-ultravioleta-para-la-industria-alimentaria/

La luz UV-C tiene su máxima acción, dentro del rango de luz ultravioleta, en los 253,7 nanómetros, adquiriendo en esta longitus de onda, su mayor energía germicida.
La luz UV-C destruye las membranas de virus y bacterias atacando su ADN y ARN, impidiendo así su propia replicación y la acción de infectar a otras celulas con su material genético.

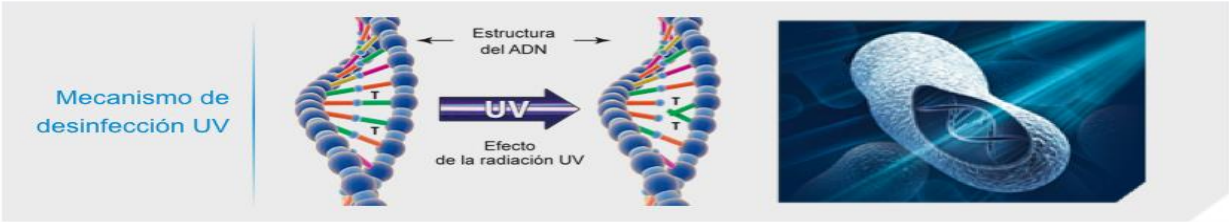


Figura 2. Esquema representativo de la acción de la luz UV-C la cual modifica las bases nitrogenadas que forman parte del ADN y ARN de virus, bacterias, hongos y protozoos. Esta modificación química impide la replicación celular. Radiación ultravioleta para reducir la propagación de SARS-CoV-2 - COVID-19 - IntraMed

La luz UV-C tiene su máxima acción, dentro del rango de luz ultravioleta, en los 253,7 Nanómetros, adquiriendo en esta longitud de onda, su mayor energía germicida; destruye las membranas de virus y bacterias atacando su ADN y ARN, impidiendo así su propia replicación y la acción de infectar a otras células con su material genético.

Cabe destacar que la energía de la luz UVC inactiva o destruye todas las células que estén a su alcance, por lo que humanos, mascotas y plantas deben resguardarse cuando se utilizan sistemas de desinfección UVC.

Las dosis de energía UVC para inactivar muchos microorganismos patógenos se encuentran ampliamente estudiadas y están tabuladas de acuerdo a estudios internacionales1.

La asociación internacional de luz ultravioleta (IUVA), avala el uso de esta tecnología ya que está comprobado que la luz UV-C es capaz de inactivar numerosos virus, bacterias, hongos y esporas que pueden estar presentes en ambientes y superficies durante meses2, los cuales son causantes de variadas infecciones y enfermedades3.

Todo depende de la dosis4 de inactivación a entregar, la cual está dada por la siguiente expresión:

Dosis = Energía x Tiempo.

Un factor importante para considerar es la distancia a la cual estamos administrando la dosis de energía para un proceso de inactivación óptimo.

Estudios recientes de la Universidad de Boston en conjunto con Signify (Philips), indican que la luz UVC es capaz de inactivar5 el virus SARS-CoV-2, precursor del Covid-19, en tan solo 25 segundos con una energía de 22 mJ/cm².

- ***Dispositivos UVC en Chile y el mundo***

Como se indicó en la introducción, no existen muchos fabricantes nacionales de equipos que trabajen con la tecnología UV-C, no así, empresas que importan distintos dispositivos que utilizan lámparas UVC.

Dentro de la gama de productos podemos encontrar dos tipos de familias de equipos:

1.- Equipos de operaciones fijas y móviles.

2.- Equipos de operación fija y estática.

En ambos casos debemos considerar tiempos o ciclos óptimos de desinfección y las distancias asociadas al proceso mismo de la acción germicida

- ## Equipos de Operación fija y móviles

Existen numerosas alternativas para este tipo de operación, su funcionamiento es por ciclos de desinfección actuando sobre un volumen determinado (superficies y ambientes), esto quiere decir que los equipos deberán trabajar en tiempos acotados dependiendo de la energía UVC disponible y el volumen que se necesita desinfectar, de no acotar este tiempo, los equipos trabajarán innecesariamente el tiempo extra.

Figura 3. Torres de desinfección con luz UV-C.
https://planoinformativo.com/768694/radiacion-uv-puede-bajar-tasa-de-contagios-de-covid-19-cientificos-de-harvard-/?amp/

Existen distintos modelos y variadas aplicaciones para este tipo de dispositivos. La ventaja es que muchos poseen ruedas o se pueden desmontar y cambiar su espacio de utilización.

- ## Otros ejemplos de equipos de características similares

1. Torres de desinfección con ruedas y algunos motorizados.(Superficies y ambientes)
2. Bastones de desinfección.(Superficies pequeñas)
3. Hornos para desinfectar artefactos pequeños como celulares.
4. Recirculadores/Purificadores de aire.
5. Lámparas de techo germicidas para hospitales y box (Equipo tipo estanco con sensor de presencia.
6. F.Barreras de desinfección tipo biombo.

7. Lámparas pequeñas de desinfección.

Figura 4. Distintos dispositivos que utilizan tubos germicidas UV-C. Imágenes: WEB.

- ## Equipos de Operación fija y estáticos

La mayoría de los equipos con este tipo de operación trabajan básicamente sobre los flujos de aire presentes en los distintos ambientes en que se requieran utilizar.
Algunos sistemas de este tipo se instalan en los cielos de las instalaciones y funcionan con lámparas UVC doble y motores para recircular el aire y realizar la acción germicida. La ventaja es que puede ser instalado rápidamente procurando la correcta alimentación eléctrica.

Otros dispositivos se instalan en muros y su funcionamiento o principio de acción es similar a la aplicación anterior.

Otra aplicación conocida está relacionada con la intervención de los sistemas de aire acondicionado existentes, el principio de acción actúa sobre los serpentines y ataca los microorganismos que quedan atrapados en él.

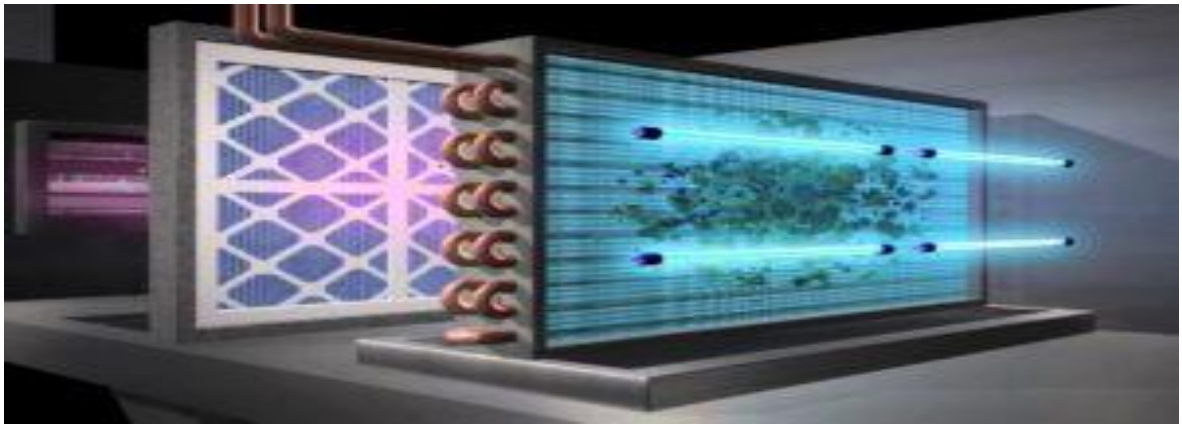


Figura 5. Esquema sistema HVAC incluyendo luz UVC en las cercanias de los serpentines. https://www.nature.com/articles/jp201116#MOESM348

Cabe destacar que la mayoría de las soluciones se pueden implementar localmente, lo que implicaría un menor costo de productos y una baja considerable en los costos de importación. La importante es considerar un buen proveedor de tubos UV-C germicidas. La oferta de este tipo de luminarias es variada y nos entrega una completa seguridad a la hora de considerar riesgos de suministro.

- ## Equipos Vs Normativa vigente en Chile

Figura 6. Equipos de desinfección UV-C fabricados nacionalmente por Nova Segurity S.p.A. LUV-20; torre de desinfección y New Air; recirculador/purificador de aire. www.novasegurity.cl

A la fecha se sabe que se cuenta con tres desarrollos nacionales orientados a mejorar los niveles de bioseguridad de las personas y de todos los lugares con gran afluencia de público. A continuación se muestra los equipos de desarrollo nacional.

Los equipos LUV-20 fueron validados en laboratorio nacional acreditado enfocándose en la eliminación de dos bacterias: Listeria Monocytogenes y Pseudomona Aeruginosa. El estudio consideró concentraciones elevadas de inóculos para ambas bacterias (Gramm+ y Gramm-).

La metodología utilizada es muy similar a la que se utiliza para validar agentes químicos con capacidad de desinfección. Actualmente la luz UV-C no está siendo considerada por el ISP como agente que requiera registro como desinfectante de acuerdo al Decreto Supremo 157/2005 y la circular B 33/20 del 7 Agosto del 2008 "INSTRUCCIONES PARA LA APLICACIÓN DEL D.S. 157/2005 "REGLAMENTO DE PESTICIDAS DE USO SANITARIO Y DOMÉSTICO".

Cabe destacar que el último estudio de eficacia biocida para LUV-20 arrojó un 99,999 % de reducción para ambas bacterias.

Con respecto a la fabricación y su normativa, se utiliza la norma UNE 0068 Española de Junio del año 2020 (Ver anexo N°2), la que fue estudiada y aprobada en tan solo 30 días debido al gran número de equipos UVC fabricados de manera incorrecta y con las medidas de seguridad deficientes. Para la fabricación y su normativa, se utilizó la norma UNE 0068 Española de Junio de este año, la que fue estudiada y aprobada en tan solo 30 días debido al gran número de equipos UV-C fabricados de manera incorrecta y con las medidas de seguridad deficientes. ANEXO 2.

Otro organismo competente para validar y certificar estos dispositivos es CESMEC, pero solo se enfocan en un estudio de componente espectral de la luz, el cual está orientado en poder validar las distintas energías emitidas a las distintas longitudes de onda que operan estas luminarias. No validan su poder germicida, solo su propiedad energética lo cual viene dada y certificado por el fabricante de luminarias, por lo tanto, no lo consideramos gravitante y la empresa fabricante realizó su propio estudio con bacterias.

Los análisis para validar este tipo de energía pueden ser realizados en laboratorio, pero además se pueden realizar en terreno.

Una alternativa para realizar esta medición es utilizar un equipo radiómetro, el cuál puede medir radiación, el único inconveniente es que no opera a distancia o remotamente, por lo que la medición se debe realizar con el equipo UV-C en funcionamiento, lo que genera una condición y acción insegura para el operador de este dispositivo.

Como el método del radiómetro es poco seguro, investigamos nuevas formas de medición de estas energías y encontramos un proveedor en Suecia, el cual desarrolló

una tarjeta con pigmentos que cambian de color (Reacción fotoquímica) cuando reciben cierta energía germicida UV-C.

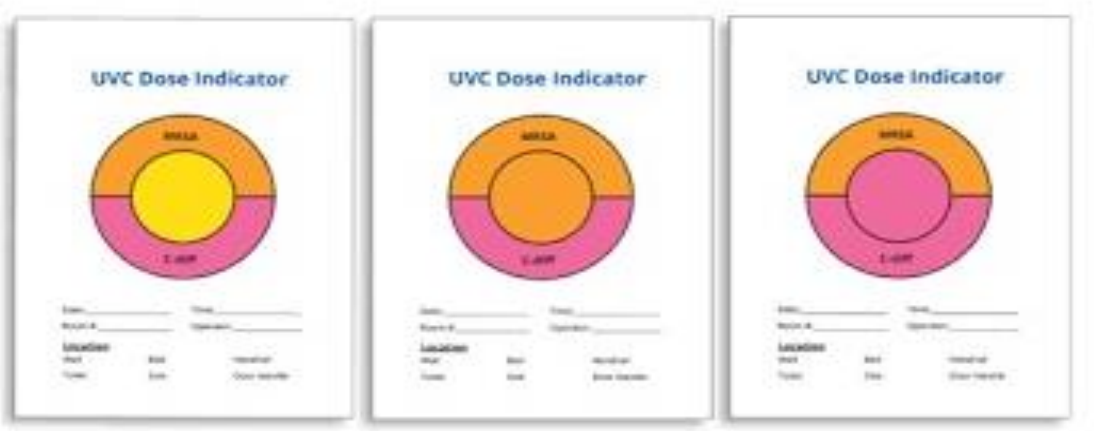


Figura 7. Tarjetas dosímetros que indican recepción de energía UV-C mediante una reacción fotoquímica. Producto importado directamente por Nova Segurity S.p.A – Proveedor: Intellego Technologies – Suecia.

El centro amarillo del dosímetro cambia su coloración pasando de amarillo a naranja y luego a rosa. El primer cambio indica la inactivación de Staphyloccocus Aureus resistente a la meticilina (MRSA) cuando la tarjeta recibe 50 ml/cm2 y el segundo cambio de coloración a rosa indica la recepción de 100 mJ/cm2 y por ende, la eliminación de Clostridium Difficile.

La acción del equipo LUV-20 el fabricante asegura puede medirse tangiblemente y de manera segura con los dosímetros, ya que se instalan en la habitación y luego se verifican los cambios de coloración una vez terminado el proceso de desinfección.

El virus SARS-CoV-2, como se indicó anteriormente, puede ser inactivado con dosis de 22 ml/cm2 en cortos periodos de tiempo. El equipo LUV-20 alcanza los 100 mJ/cm2, de acuerdo con esto podemos indicar con toda propiedad que nuestro equipo está capacitado para inactivar al precursor del COVID-19.

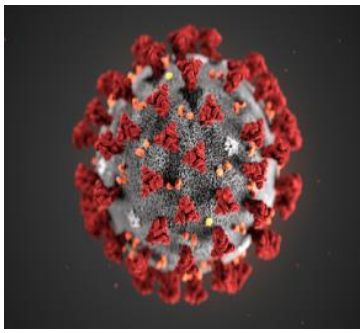


Figura 8. Virus SARS-CoV-2, Centro de Investigaciones en Óptica, A. C. Mexico.

https://www.cio.mx/archivos/pdf/noticio/junio_2020.pdf

• Ventajas y limitaciones de la luz UV-C

- Proceso en seco y libre de productos químicos.
- Sin producción de humedad ni temperatura, no requiere enjuague.
- Bajo costo energético y de mantención.
- Altamente efectivo contra virus, bacterias, hongos y esporas.
- No requiere operador, solo programador de ciclos. (H/H)
- Inocuo frente a alimentos, no cambia las propiedades organolépticas de estos.
- Funcionamiento simple, rápido y seguro, por CICLOS.
- 9000 horas de funcionamiento garantizado (Lámparas UV-C).
- Eficacia comprobable en terreno (Dosímetros).
- Sin desarrollo de resistencia, también funciona contra gérmenes resistentes a la desinfección convencional.
- Sin presencia de personas, mascotas y plantas.
- Actúa solo en ambientes y superficies expuestos directamente, lugares con sombra no son atacados.

• Dispositivos implementados con lámparas UV-C de que disponen los proveedores en Chile

1.- Equipo de desinfección de ambientes y superficies modelo LUV-20 análogo con encendido/apagado a distancia, timer, horómetro, ruedas, baliza y sirena de seguridad. Operación por ciclos.

2.- Equipo de desinfección de ambientes y superficies modelo LUV-20 digital, operado mediante APP, sensores de movimiento, totalizador de horas, ruedas, baliza de seguridad. Operación por ciclos.

3.- Equipo recirculador de aire NEW AIR, purificador de aire y ambientes mediante la recirculación en cámara interna provista de dispositivos UV-C, Filtros HEPA, funcionamiento continuo. Equipo desmontable.

Entendemos que se necesitan medidas de gran impacto, futuras e inmediatas, para ser consideradas en la eliminación de agentes patógenos perjudiciales para la salud humana en las redes de aire y climatización de las instalaciones hospitalarias de nuestro país.

Considerando lo anterior, plantearemos una propuesta de control ambiental considerando equipos UVC para ambientes y aire.

Propuesta control ambiental con dispositivos UV-C.

En los centros de atención de salud futuros será necesario tener un control ambiental ante los posibles ataques de agentes patógenos existentes. Por ello es necesario desinfectar mayores cantidades de superficies y ambientes (aire), además, en el actual contexto de pandemia, es necesario inactivar la mayor cantidad de virus que son expulsados al aire. La luz UV-C o Ultravioleta germicida se transforma en un aliado ideal, ya que es capaz de desactivar todos los microorganismos o patógenos siendo un desinfectante universal.

Se debe incluir en los nuevos sistemas de aire acondicionado la desinfección constante instalando lámparas UV-C en las cercanías de los serpentines, esto se traducirá en un ahorro de hasta un 20% en los costos de energía del sistema de aire acondicionado.
Un sistema de aire acondicionado de 250 toneladas pude llegar a producir 6.000 litros de condensado utilizable por día alcanzando 180.000 litros cada mes que se pierden por ser un producto contaminado.
El gobierno de Estados Unidos estima que las empresas en promedio pierden entre 14 y 15 minutos de cada empleado por día debido a la mala calidad del aire del interior lo que genera una pérdida de US$70.000.000/año.
Ha sido demostrado que virus como Legionella y el SARS, debido a su peso, viajan a través del aire al igual que innumerables agentes patógenos.
El día 24 de Junio del año 2009 la junta directiva de ASHRAE publicó un documento de posición "AIRBORNE INFECTIOUS DISEASES" en el que el aire acondicionado propaga los virus, esto ha sido confirmado por estudios médicos incluyendo unos recientes sobre el NOROVIRUS (NOV).
Los hospitales se sienten protegidos por el uso de filtros HEPA, que bloquean el 99.97% de las partículas, sin embargo un pie cubico de aire contiene típicamente 100.000 micro partículas que viajan por el aire a una velocidad aproximada de 4 metros por segundo a través de un ducto de 60x60 cm, en consecuencia tenemos 320.000.000 de micro partículas por minuto que pasan por este ducto a esa velocidad, por lo tanto el promedio de 0,03% ósea 96.000 partículas por minuto pueden atravesar el filtro HEPA, si algunos de estos microorganismo pasa la barrera puede infectar a los pacientes. Hay cuatro agentes patógenos en los edificios en primer lugar las bacterias como Legionella entran al edificio desde el exterior con el aire de reposición, en segundo lugar las bacterias y virus como el tuberculosis y la gripe son introducidos al edificio por la gente (vectores), una vez en el aire los agentes patógenos se distribuyen por todo el edificio a través de los ductos de aire acondicionado pasando con facilidad por los filtros primarios provocando gripes leves o enfermedades más graves, en tercer lugar y la causa más seria de la mala calidad del aire son el moho y hongos que crecen en los serpentines y bandeja de condensado por lo consiguiente, las microtoxinas y esporas del moho se propagan por todo el edificio causando asma, cansancio, dolores de cabeza, gripe y baja productividad, en cuarto lugar el moho que crece en el serpentín se convierte en un caldo de cultivo, esto permite que la mugre que pasa a través por los filtros se pegue a las aletas del serpentín formando un complejo biofilm que produce y libera microorganismos infecciosos como MRSA, Pseudomonas y Aspergillus los cuales también son propagados por todo el edificio.
Los biofilm que se generan en los serpentines producen una caída ostensible de aproximadamente mil veces la tasa de transferencia de calor.
El resultado de instalar luz UV-C germicida en los sistemas de aire acondicionado [6] genera aire de calidad, la caída de enfermedades del personal y ausentismo laboral entre un 25 a 50%, además de reducir increíblemente las infecciones intrahospitalarias y dineros asociados [7].
Un estudio realizado por el Departamento de Pediatría, Neonatología, Universidad de Buffalo, Universidad Estatal de Nueva York, Hospital de Mujeres y Niños de Buffalo,

Buffalo, NY 14127, EE. UU demostró que con una inversión de solo US$ 30.000, hubo una caída de infecciones de un 40% con ahorros anuales en antibióticos, exámenes de laboratorio, costos médicos y de enfermeros sorprendente traducidos en unos US$ 800.000 /año. El Hospital tuvo una estadía más corta de pacientes y mayor disponibilidad de camas [8].

Aire dentro de la Instalación Hospitalarias.

Además de implementar la luz UV-C en el aire acondicionado, debemos preocuparnos también por el aire contaminado por vectores externos, dado que existen lugares con mayor contaminación biológica, como salas de espera, camarines, quirófanos box, baños, ascensores, casinos y otros, donde exista un mayor flujo de personas con la finalidad de disminuir las cargas virales de cada uno de estos lugares.

Se recomienda instalar purificadores de aire en pasillos y salas de espera, etc. Con esta acción se elevará en nivel de bioseguridad de cada espacio.

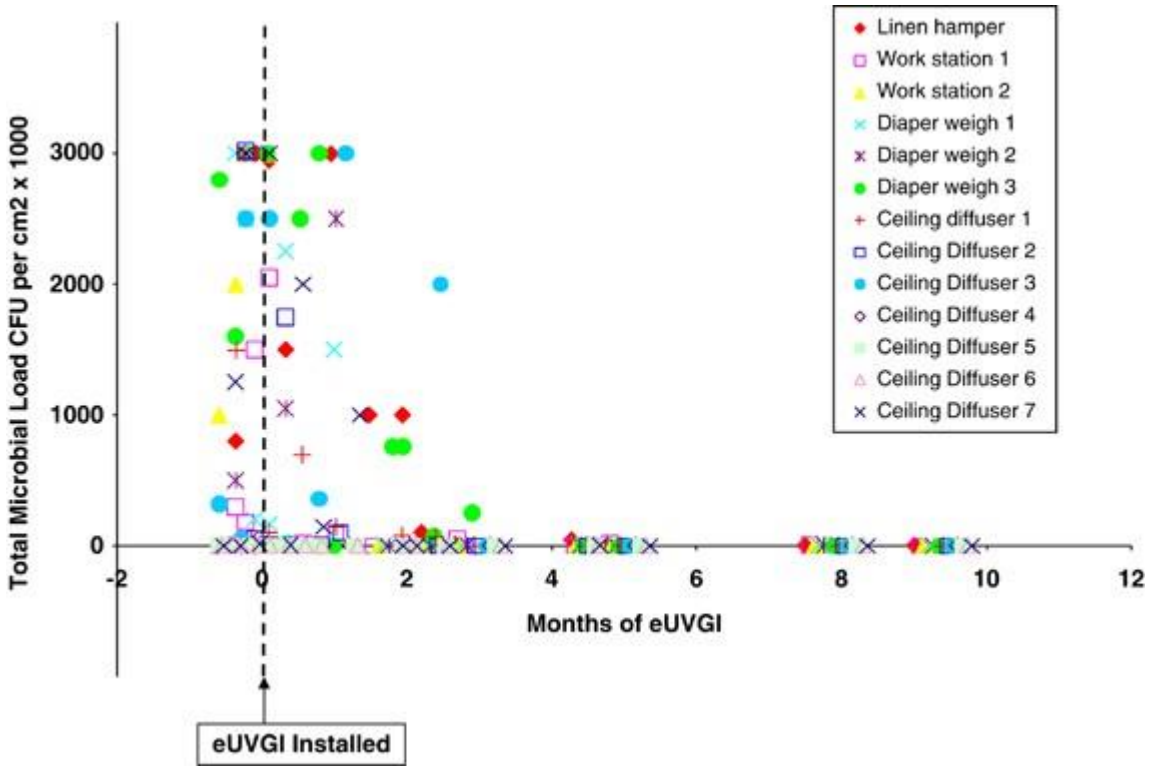


Figura 9. Gráfica indica UFC/cm²x 1000 v/s meses aplicación de luz UV-C en distintos puntos de la instalación de Cuidados Intensivos Neonatales Buffalo NY. https://www.nature.com/articles/jp201116#MOESM348

La gráfica anterior indica la disminución de la carga microbiana de las superficies de la unidad de cuidados intensivos neonatales (UCIN) la cual fue muy variable al principio del muestreo, pero todas las superficies se acercaron a cero durante la irradiación germicida ultravioleta y su implementación en los equipos de aire acondicionado.

En el proceso recibimos la propuesta de Nova Segurity S.p.A está enfocada en poder intervenir los serpentines existentes de los actuales equipos de aire acondicionado y realizar pruebas instalando tubos germicidas UV-C.

La propuesta no tendría un valor comercial, solo es estudio e investigación, ya que como se ha dicho anteriormente, los dispositivos son de bajo costo y de rápida instalación.

De avanzar en esta iniciativa, sería necesario realizar las gestiones pertinentes para contar con alguna instalación que se pueda intervenir en alguna mantención programada de estos dispositivos. Los resultados esperados se podrían comprobar entre 2 – 3 meses, lo que es un tiempo prudente para evaluar mayores inversiones cercanas o futuras.

Desde nuestro punto de vista, tenemos la plena convicción que las pruebas propuestas pueden ser una solución inmediata, rápida y de bajo costo, además de presentar la ventaja de mejorar lo existente y proyectarlo en futuras instalaciones.

Referencias.

1. Asociación Internacional de luz Ultravioleta (IUVA). Hoja informativa del IUVA para el Covid-19. 2020, Traducido por Dr. Ing. Pablo Fredes D, Santiago, Chile.
https://www.iuvanews.com/stories/pdf/archives/180301_UVSensitivityReview_full.pdf

2. Huslage, K. Rutala, W. A.,Gergen, M.F.,Sickbert-Bennet, E. E., & Weber, D. J. (2013). Evaluación microbiana de superficies de salas hospitalarias de alto, medio y bajo contacto. Control de Infecciones y Epidemiología Hospitalaria, 34(2), 211-212.
http://doi.org/10.1086/669092

3. Shaughnessy, M.K., Micielli, R. L., DePestel, D.D., Arndt, J., Strachan, C.L., Welch, K.B., & Chenoweth, C.E (2011). Evaluación de la asignación de la habitación del hospital y adquisición de la infección por Clostridium Difficile. Control de Infecciones y Epidemiología Hospitalaria, 32(3), 201-206.
http://doi.org/10.1086/658669

4. Malayeri, Adel & Mohseni, Madjid & Cairns, Bill. (2016). Fluence (UV Dose) Required to Achieve Incremental Log Inactivacion of Bacteria, Protozoa, Viruses and Algae. IUVA News. 18. 4-6. https://iuva.org/resources/Resource%20Documents/Malayeri-Fluence%20Required%20to%20Achieve%20Incremental%20Log%20Inactivation%20of%20Bacteria,%20Protozoa,%20Viruses%20and%20Algae.pdf

5. Storm, N. McKay, L. Downs, S. Jonson, R. Birru, D.de Samber, M.Willaert, W. Cenini, W. Griffiths, A. (2020). Inactivación rápida y completa del SARS-CoV-2. Research Square.

https://www.researchsquare.com/article/rs-65742/v2

6. Menzies D, Popa J, Hanley J, Rand T, Milton D. et al. Efecto de las luces germicidas ultravioletas instaladas en los sistemas de ventilación de la oficina

en la salud y el bienestar de los trabajadores: Ensayo de cruce multiple doble ciego. Journal The Lancet, 29 Nov 2003.
https://doi.org/10.1016/S0140-6736(03)14897-0

7. Otaíza F, Brenner P. Informe de Vigilancia Epidemiológica de las Infecciones Intrahospitalarias Ministerio de Salud, Chile 2005.

https://www.minsal.cl/portal/url/item/73627aa2eddb0374e04001011f01734d.pdf

8. Ryan, R., Wilding, G., Wynn, R. et al. Efecto de la irradiación germicida ultravioleta mejorada en el sistema de ventilación y aire acondicionado de calefacción en la neumonía asociada al ventilador en una unidad de cuidados intensivos neonatales. J Perinatol 31, 607-614 (2011).

https://doi.org/10.1038/jp.2011.16

6.4.2La ionización por plasma

Es un método activo que mejora la calidad del aire, lo desinfecta al igual que las superficies.

- ***Beneficios de iones de oxígeno***

Es un método activo de purificación qué carga electrostáticamente las partículas, inhibe el crecimiento tanto de moho como virus y bacterias; oxida los gases olorosos, descompone la estructura molecular de los COV y químicos como CO2 y SO2; y neutraliza los síntomas del síndrome del edificio enfermo.

El plasma es un sistema de purificación del aire interior para todo tipo de proyectos comerciales, residenciales e industriales, aprovecha la tecnología de ionización bipolar para purificar proactivamente el aire interior desde la fuente de contaminación

La ionización del aire funciona a través de la reacción de iones cargados negativa y positivamente. Los iones se unen a los patógenos transportados por el aire, como los virus, causan una reacción química en la superficie de la membrana celular; esto desactiva los virus haciéndolos inofensivos, por lo que ya no pueden propagarse o causar infección.

- ***¿Cómo funciona la ionización bipolar para limpiar el aire de contaminantes?***

Al igual que la luz solar en la atmósfera, la tecnología Plasma Air produce un bioclima natural rico en iones de oxígeno positivos y negativos. Los iones negativos contienen un electrón extra, mientras que los iones positivos les falta un electrón, lo que genera una condición inestable. En un esfuerzo por estabilizarse, estos iones bipolares buscan átomos y moléculas en el aire con los que intercambiar electrones, neutralizando efectivamente las partículas, las células bacterianas y virales, los gases y aerosoles olorosos y los COV.

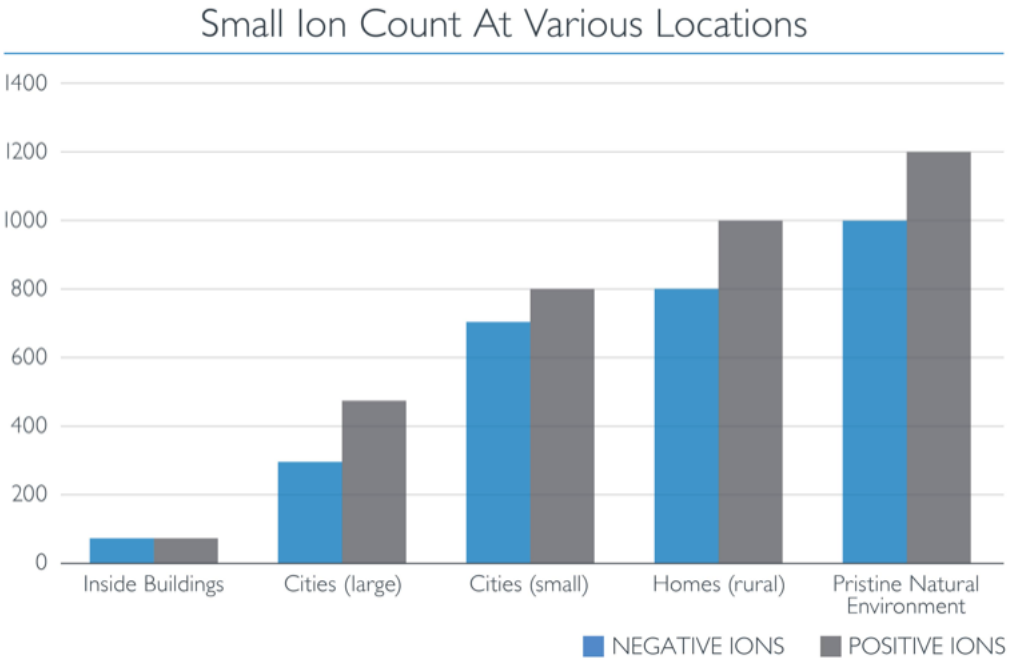
- ***¿Qué son los iones de oxígeno?***

Los iones son moléculas o átomos que contienen una carga eléctrica y existen en la naturaleza en varios tamaños. Los iones pequeños solo duran entre 30 y 300 segundos antes de perder su carga, pero son extremadamente activos.

Las densidades de iones pequeños oscilan entre 900 y 1100 iones negativos y entre 1000 y 1200 iones positivos por centímetro cúbico (iones / cm3) en entornos naturales

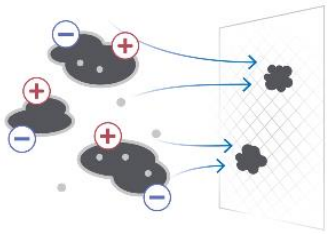
vírgenes. A nivel del mar, la densidad de iones es típicamente de alrededor de 500 iones negativos y 600 iones positivos / cm3. En las ciudades y dentro de los edificios, los niveles de iones caen entre un 80% y un 95% y apenas pueden detectarse en espacios pequeños.

A medida que disminuye la densidad de iones, también lo hace la calidad del aire. Al aumentar la cantidad de pequeños iones de oxígeno cargados tanto positiva como negativamente, se mejora la calidad del aire. Ésta es la base de la tecnología de ionización bipolar de Plasma Air.

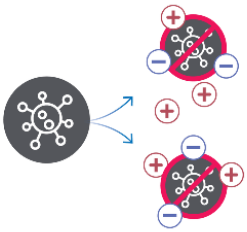


- ***¿Cómo funciona dentro de una edificación?***

a) Material particulado: Las partículas en el aire son cargadas por los iones, lo que hace que se agrupen y queden atrapadas en los filtros.

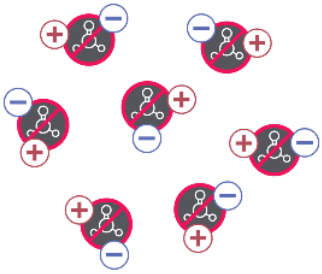


b) **Virus y Bacterias:** A medida que se dividen para reproducirse, las células de bacterias y virus se unen con iones de oxígeno y se destruyen.



c) **Gases olorosos y aerosoles:** Los gases y aerosoles olorosos se oxidan en contacto con iones de oxígeno y se neutralizan.

d) **Los compuestos orgánicos volátiles:** Los iones de oxígeno provocan una reacción química con los COV que rompen su estructura molecular



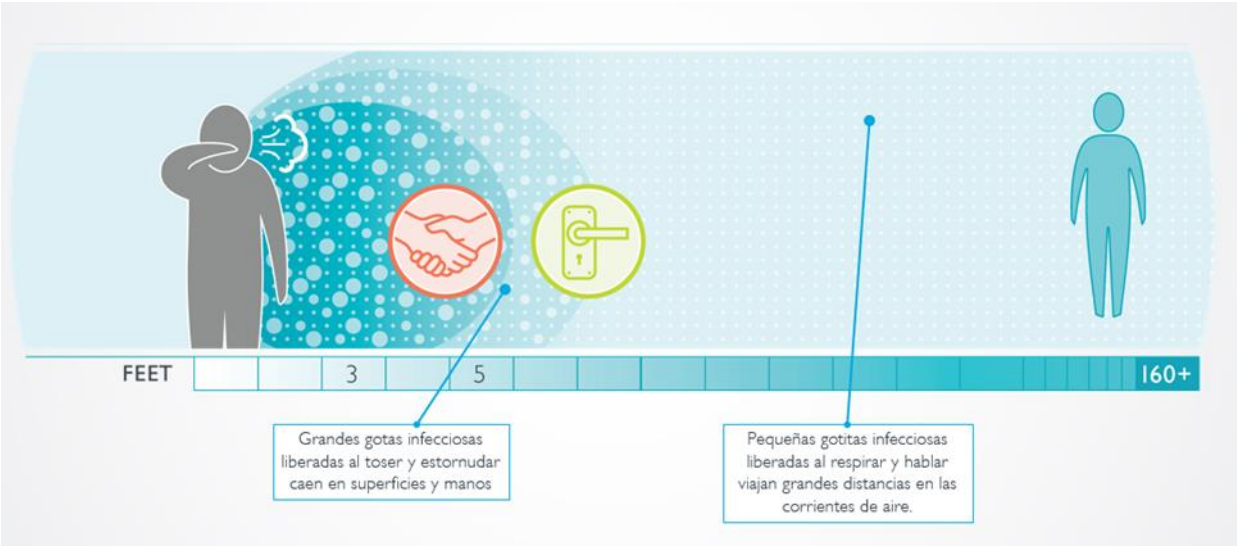
- ***Pruebas de laboratorio***

1) La ionización por plasma reduce en el aire el bacteriófago sustituto de coronavirus en un 99% y un 80% en las superficies.

2) Otras Pruebas:

TYPE	NAME	Plasma Air RESULTS	TIME	TESTING PARTNER
VOCs	Total VOCs	98.6%	1 hr	LAWN Environmental Protection
	Formaldehyde	95.3%	1 hr	LAWN Environmental Protection
PARTICULATE	Smoke	96.3%	1 hr	LAWN Environmental Protection
	Dust	85.8%	15 min	Intertek
BACTERIA & VIRUSES	MRSA[1]	99.96%	3 hrs	Aerosol Research & Engineering Laboratories
	Pseudomonas aeruginosa	99.99%	1 hr	Istanbul Faculty of Medicine, Department of Microbiology and Clinical Microbiology
	Escherichia coli	99.43%	1 hr	Istanbul Faculty of Medicine, Department of Microbiology and Clinical Microbiology
	Bacillus subtilis var. niger	89.3%	1 hr	Istanbul Faculty of Medicine, Department of Microbiology and Clinical Microbiology
	Influenza A (H1N1)	86.6%	1 hr	Kitasato Research Center for Environmental Science
MOLD SPORES	*Aspergillus niger*	97.14%	2 hrs	EMSL Analytical
	Candida albicans	97.69%	2 hrs	EMSL Analytical
	Aspergillus fumigatus	91.1%	9 min	Intertek

- ***¿Cómo se transmiten las infecciones a través del aire?***



- ***¿Cómo se eliminan los virus que viajan en el aire?***

Según el Dr. John Oxford, profesor de virología en el Instituto de Ciencias Celulares y Moleculares de St. Bartholomew y el Royal London Hospital, la Escuela de Medicina y

Odontología Queen Mary en Londres, la ionización bipolar ha demostrado ser eficaz contra varios virus.

TYPE	NAME	REDUCTION	TIME	SPACE	MODEL
VIRUSES	Measles[1]	99.87%	20-30 min	28.5m³	NV1050
	Influenza A	99.9%	10-20 min	28.5m³	NV1050
	Influenza H1N1	86.6%	1 hour	1m³	7000/Bar
	SARS-CoV	99.99%	15 mins	16m³	NV900
	Phi X 174	99.8%	30 min	60m³	NV1050
	Norovirus[2]	99.99%	15 mins	16m³	NV900

- ## *Seguridad y la confiabilidad de los productos de plasma*

Todos los productos son UL y aprobados por OSHA; son probados y certificados en UL 867 para seguridad eléctrica y en el 1995 para seguridad en manejo del aire. Las instalaciones de fabricación son auditadas trimestralmente por Well Plate Intertek para asegurar la seguridad e integridad del producto.

- ## *Equipos comerciales con ionizadores plasma AIR*

- Para instalación en los equipos de aire acondicionado: Split, VRF, Rooftop, manejadoras de aire.

- Equipos portátiles

De ellos destacamos el modelo PFI de la empresa nacional Flowtech, que es una unidad de ventilación diseñada para zonas de media y alta ocupación que requieran un alto nivel de filtrado cuentan con las siguientes características técnicas:

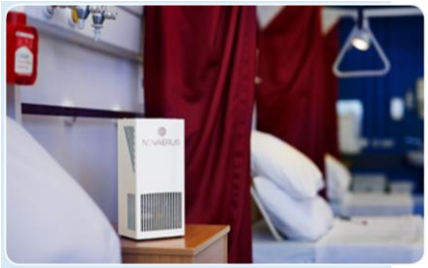
1) Equipo compacto con bajo nivel de ruido.
2) Ventilador centrífugo doble aspiración con motor EC-IE5
3) Driver incorporado y programado de fábrica
4) Regulador de velocidad
5) Estructura en perfilería de aluminio y panel doble chapa con aislamiento termoacústico de 25 mm
6) Rejilla de protección en la impulsión
7) Leds indicadores de funcionamiento y saturación de filtros.
8) Equipada con ruedas y manilla para un fácil manejo y una fácil operación
9) Filtro G5 /F9/H13 en la aspiración
10) Opcionalmente se puede suministrar ionizador de plasma y luz UV.

PFI

SERIE PFI: Unidades portátiles/plug & play para purificación y desinfección de aire y superficies.

Modelo Novaerus con tecnologia Plasma Air

1) El aire interior contaminado ingresa a la unidad mediante un ventilador interno de doble velocidad.
2) Los contaminantes se destruyen de forma rápida, mediante un campo de plasma de energía ultrabaja emitido por 2 coil de plasma internas.
3) El aire sano y libre de contaminantes vuelve a la habitación.



Protect 200

Protect 800

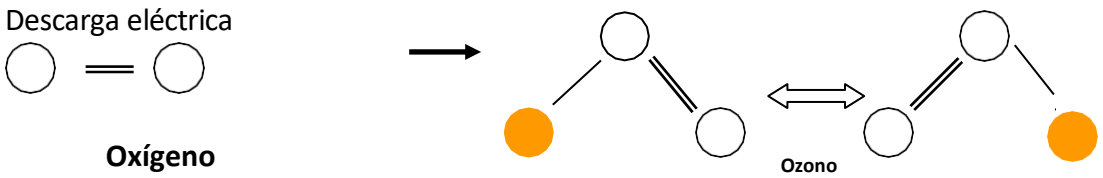
- ***¿Porque es importante tener una buena calidad de aire #IAQ y poder medirla?***

Tener una buena calidad de aire nos ayuda a sentirnos mejor, es como estar en el aire libre sin contaminación. Las mediciones de los siguientes parámetros nos permiten monitorear y tomar acciones para mejorar nuestra calidad de aire según el siguiente detalle:
Evaluar la eficacia del sistema de filtración de aire H V AC con lecturas de PM 2.5, saber cómo los desinfectantes y limpiadores impactan la calidad del aire a través del monitoreo de TVOC, realizar un seguimiento de la densidad y la ventilación de los ocupantes mediante mediciones de dióxido de carbono, ralentizar la propagación viral mediante el seguimiento de la humedad relativa interior y mostrar indicadores clave de la calidad del aire para impulsar la confianza y la seguridad.

6.4.3El ozono como agente biocida.

El oxígeno es uno de los elementos más comunes en la naturaleza y en ella se encuentra en diversas formas, siendo la forma de gas diatómico la más habitual. Existe una segunda forma de oxígeno gaseoso conocida como ozono, en el que en vez de presentarse en forma diatómica oxígeno (O_2), lo hace en forma triatómica ozono (O_3).

Ambas moléculas son especies distintas con propiedades, comportamientos y estructuras totalmente diferentes.



El tercer átomo de oxígeno, unido de una forma altamente inestable al resto de la molécula, es la base de las propiedades que caracterizan al ozono. La baja estabilidad de la molécula, lleva aparejada una alta reactividad, es decir que tendrá gran facilidad para ceder el átomo de oxígeno inestable y recombinarse en oxígeno. Por este motivo, **no es posible envasar o almacenar el ozono**, siendo necesaria la generación y utilización “in situ”.

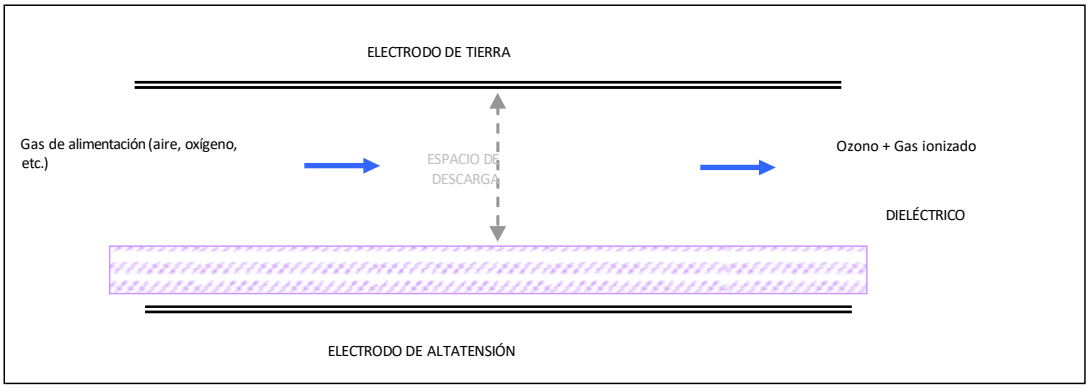


Fig. 1. Esquema de un sistema generador de ozono

Los generadores de ozono funcionan por descargas eléctricas silenciosas, las cuales se obtienen aplicando una corriente alterna de alta tensión a dos electrodos. Entre estos dos electrodos se sitúa un dieléctrico que junto con el electrodo de tierra, limita el espacio real de descarga.

El gas que fluye en el espacio de descarga generalmente es aire, debido a que constituye una fuente económica de oxígeno (aproximadamente 20%) y está disponible en cualquier parte. También puede utilizarse oxígeno puro. Al aplicar la descarga, una alta cantidad de energía es transferida al oxígeno que fluye por el espacio de descarga generando ozono mediante la siguiente reacción:

La facilidad con que el ozono se descompone hace de éste un oxidante enérgico siendo su potencial de oxidación de 2,07 voltios (referido al electrodo normal de hidrógeno a 25 oC).

$$3O_2 + 68{,}82 \text{ cal} \longrightarrow 2O_3$$

Éste potencial de oxidación del ozono, es mayor que el de todas las sustancias utilizadas habitualmente como desinfectantes.

Tabla 1. Comparativa de distintos agentes oxidante.

Agente	1.1.1.1.	Potencial de oxidación (V)	.2.	Oxidación relativa *
Ozono	**2.1.1.1.**	**2,07**	**2.2.**	**1,53**
Peróxidos	3.1.1.1.	1,78	3.2.	1,31
Hipoclorito	4.1.1.1.	1,48	4.2.	1,09
Cloro libre	5.1.1.1.	1,36	5.2.	1,00
Hipobromito	6.1.1.1.	1,33	6.2.	0,98
Dióxido de cloro	7.1.1.1.	0,95	7.2.	0,70

Referenciado al cloro (Cloro=1,00)
Fuentes:
Water Quality Association Ozone Task Force. 1997. Ozone for Point-of-use, Point.of-entry and small System Water Treatment Applications: A Reference Manual Water Quality Association. Lisie, IL, 2-4.

- ## Principio de acción biocida.

El alto poder oxidante del ozono hace que ataque a todas las sustancias susceptibles de ser oxidadas que encuentre a su paso, tanto inorgánicas (ciertos metales, sales, gases, etc.) como orgánicas (biomoléculas, microorganismos, nemátodos, huevos de insectos, olores, humos, colorantes, disolventes, etc.). De ahí su eficacia en tratamientos de desinfección y esterilización, en los que ataca a microorganismos sin que éstos puedan generar resistencia debido a que son físicamente destruidos. El ataque se realiza por oxidación de la membrana celular, causándoles la muerte o inactivación en el caso de los virus.

En general, una desinfección efectiva se consigue exponiendo los microorganismos a eliminar a concentraciones fijas de un agente desinfectante como cloro, bromo, ozono, etc. durante un determinado período de tiempo. Comparando los desinfectantes convencionales, el ozono consigue una desinfección superior a concentraciones menores y con tiempos de contacto más cortos que el resto de los agentes, como ya se ha mostrado en la Tabla 1.

Por ejemplo, el cloro requiere un tiempo de contacto considerable para oxidar y destruir los microorganismos. En cambio, la oxidación por ozono empieza de inmediato al entrar en contacto con la membrana o la pared celular del microorganismo. Al oxidar la membrana, la célula se rompe y su citoplasma se dispersa rápidamente en el agua (lisis). En condiciones ideales, una oxidación continua con ozono llegaría a convertir la mayoría del contenido de la célula en dióxido de carbono y agua.

El nivel de ozono requerido para la desinfección depende tanto del tipo de organismos a eliminar como de la demanda total de ozono en el agua. Esta demanda de ozono puede verse incrementada por la presencia de materia orgánica, la temperatura, etc. Con los parámetros de operación y dosis de ozono correctos, un sistema de tratamiento por ozono consigue una desinfección completa de manera rápida y a un coste menor que cualquier otro biocida empleado correctamente.

Existe además otro beneficio de carácter ecológico y es su descomposición después de actuar. Todos los biocidas químicos, dejan sustancias remanentes de mayor o menor toxicidad en el medio en que actúan. Sin embargo, el producto de descomposición del ozono es el oxígeno; por lo que no se liberan sustancias tóxicas que puedan afectar al medio ambiente o a las personas en contacto con las sustancias tratadas con ozono.

- ## Niveles máximos de exposición y emisiones

Los niveles máximos de exposición al ozono han sufrido variaciones durante los últimos años. Ha sido necesario establecer niveles máximos de exposición a ozono para trabajos pesados o realizando trabajos de menor esfuerzo físico.

Las regulaciones internacionales sobre el ozono, coinciden con las nacionales. Ambas estiman en 0,1 mg/m³ como la cantidad de ozono máxima a la que puede estar expuesta una persona realizando un trabajo normal durante un plazo de 8 horas. Esta cantidad se reduce a 0,05 mg/m³ para personas realizando un ejercicio físico intenso.

Normas Internacionales para el Aire Interior

Normativa	Límite de exposición
Food and Drugs Administration (FDA)	No mayor de 0,05 ppm
Environmental Protection Agency (EPA)	Max 0,08 ppm en una jornada de 8 h de trabajo.
Occupational Safety & Health Administration (OSHA)	Para la industria en general (29CFR 1910.1000, Tabla Z.1): 0,1 ppm
American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) **COVENIN**	Trabajo pesado: 0,05 ppm Trabajo moderado: 0,08 ppm Trabajo liviano: 0,1 ppm Cargas de trabajo pesado, moderado o ligero (≤ 2h): 0,2 ppm. En el Apéndice 4, establece que el ozono no está clasificado como cancerígeno.
National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)	0,1 ppm

D.S. Nº 594

APRUEBA REGLAMENTO SOBRE CONDICIONES SANITARIAS Y AMBIENTALES BÁSICAS EN LOS LUGARES DE TRABAJO

ist

- ## Sistemas de detección

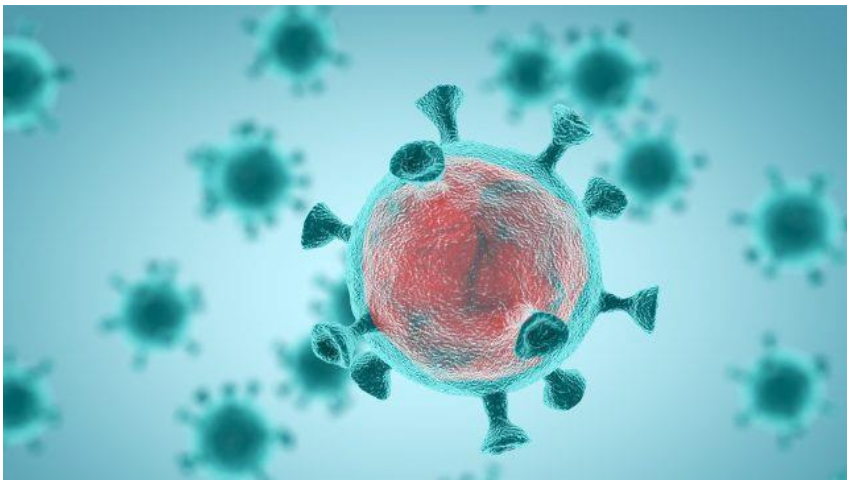
Afortunadamente, altas concentraciones de ozono ambiental son fácilmente detectadas por el olfato que provocan molestias mucho antes de que puedan llegar a ser dañinas. Para la mayoría de las personas, el ozono ambiental es fácilmente detectable mediante el olfato lo que permite tomar las medidas convenientes para corregir la anomalía en las áreas de trabajo (abandonar el área, apertura de ventanas, cierre de válvulas, apagado de generadores, etc.). Sin embargo, exposiciones bajas y prolongadas reducen la sensibilidad olfativa y hacen necesario el uso de detectores ambientales de ozono, que aseguren la calidad del aire; especialmente en el caso de aplicaciones en espacios interiores cerrados o con escasa aireación.

Sensores fijos ajustados a los valores máximos de exposición, permiten mantener las áreas de trabajo en adecuadas condiciones. Sistemas de alarma acoplados a los detectores, permiten acusar la superación de dichos valores y actuar en consecuencia. Desconectando los equipos generadores de forma de mantener en todo momento una cantidad de ozono en el aire que permita controlar patógenos sin causar daño a las personas en el recinto ozonizado.

- ## Experiencias recientes

Actualmente, se han desarrollado experiencias clínicas con el fin de determinar la cantidad y tiempos necesarios para la inactivación del corona virus, un ejemplo claro del potencial desinfectante del ozono es lo realizado por la Universidad de la Salud de Fujita:

Científicos de la Universidad de la Salud de Fujita lograron reducir la potencia del virus en más de 90% al someterlo a niveles bajos de ozono durante 10 horas.



Investigadores japoneses dijeron recientemente que bajas concentraciones de ozono pueden neutralizar las partículas de coronavirus, proporcionando una potencial forma para que los hospitales desinfecten las salas de exámenes y áreas de espera.

Científicos de la Universidad de la Salud de Fujita dijeron en una conferencia de prensa que habían demostrado que el gas ozono en concentraciones de 0.05 a 0.1 partes por millón (ppm), niveles considerados inofensivos para los humanos, podría matar al virus.

El experimento utilizó un generador de ozono en una cámara sellada con una muestra de coronavirus.

La potencia del virus se redujo en más de 90 % cuando se sometió a niveles bajos de ozono durante 10 horas.

"La transmisión del nuevo coronavirus puede reducirse mediante un tratamiento continuo con ozono de baja concentración, incluso en entornos donde hay personas, utilizando este tipo de sistema", dijo el investigador principal del estudio, Takayuki Murata. "Descubrimos que es particularmente eficaz en condiciones de alta humedad", agregó.

Se sabe que el ozono, un tipo de molécula de oxígeno, deja inactivos muchos patógenos, y experimentos anteriores demostraron que concentraciones más altas, de entre 1 y 6 ppm, eran efectivas contra el coronavirus pero potencialmente tóxicas para los humanos.

Un estudio reciente del Instituto de Tecnología de Georgia mostró que el ozono puede ser eficaz para desinfectar batas, anteojos y otros equipos de protección médica.

- ## Bioseguridad en ambientes hospitalarios.

Las infecciones intra-hospitalarias ocurren en todo el mundo y afectan tanto con la muerte silenciosa a los países desarrollados como a los subdesarrollados. Constituyen una de las principales causas de defunción y de mortalidad en los pacientes hospitalizados y se convierte en una pesada carga para los familiares y las instituciones de salud.
Infinidad de bacterias, virus, hongos y parásitos diferente pueden causar todo tipo de infecciones, transmitidas de una persona a otra, objetos, sustancias y ambientes contaminados. Por otro lado, la resistencia bacteriana a los antimicrobianos promueven el surgimiento de nuevas cepas fármaco- resistentes.
El ozono logra inhibir los virus que provocan enfermedades contagiosas y comunes tales como la gripe, catarro, sarampión, viruela, varicela, rubiola, poliomielitis, hepatitis, meningitis y sida.
A concentraciones ligeramente superiores de 0.03 ppm, el ozono logra erradicar esporas tan complejas como las transmisoras del tétano, el botulismo e incluso el ántrax. El ozono garantía

un ambiente libe de legionella, estafilococos, echerichia coli y pseudomonas, esta última pulula naturalmente en los baños.

Comparación del Ozono con Otras técnicas:

Comparación	Filtración HEPA	Filtros de carbón activado	Precipitadores electrostáticos	Ozono
DESCRIPCIÓN	Elimina partículas suspendidas en el aire, hasta 0,3 micrones	Utiliza carbón activado como medio filtrante	Han sido utilizados por muchos años para limpiar el ambiente del humo y partículas	El gas recorre la habitación oxidando toda la materia orgánica suspendida.
VENTAJAS	Son excelentes para filtrar partículas	Adsorbe olores, algunos gases y filtra partículas	Remueve el humo que pasa a través del filtro No reducen el flujo de aire	Neutraliza los olores. Destruye microorganismos. No reduce el flujo de aire. Luego de 50 min se descompone en oxígeno
DESVENTAJAS	Requieren mantenimiento frecuente Los filtros representan un medio de cultivo para las bacterias No remueven pesticidas, virus y muchas bacterias Reducen el flujo de aire			La concentración debe ser monitoreada, sin embargo está demostrado que puede ser utilizado a concentraciones bajas sin ningún riesgo

- ## Dosificación controlada. sistema de aire acondicionado

  Dentro de una celda de Ionización por efecto corona, se producen una gran cantidad de iones negativos que son efectivos con ciertos contaminantes en el aire y el ozono concentrado en pequeñas cantidades.

  Tanto los iones negativos y el ozono se dosifican cuidadosamente en el extremo del ducto de aire acondicionado situado en la unidad de manejo de aire (UMA) para dar inicio al proceso de depuración del aire y limpieza de la ductería, la cual es un perfecto hábitat para mohos, hongos e infinidad de microorganismos.

  Según avanza el flujo de aire hacia las rejillas de distribución del aire frío, la concentración de ozono decae a nivel de trazas, no superando los valores indicados de 0.05 ppm.

Esquema instalación en ductería

- ## *Aplicación en salas y pasillos*

De igual forma, la aplicación de Ozono diluido u Oxigeno Ionizado, es calculada de forma de nunca superar los niveles de concentración indicados por la normativa internacional, 0.05 ppm.

El todos los ambientes donde se desinfecta con ozono el ambiente se recomienda incorporar medidores de ozono ambiental que estén monitoreando en todo momento las concentraciones de ozono, estas unidades además pueden controlar el encendido y apagado de las unidades de ozono dependiendo de la concentración censada.

Pasillos y salas de espera, hospitales y clínicas.

Sensor y Caja control de Ozono Ambiental

- ***Organimos muertos por ozono.***

Bacteria
Achromobacter butyri NCI-9404
Aeromonas harveyi NC-2
Aeromonas salmonicida NC-1102
Bacillus anthracis
Bacillus cereus
B. coagulans
Bacillus globigii
Bacillus licheniformis
Bacillus megatherium sp.
Bacillus paratyphosus
B. prodigiosus
Bacillus subtilis
B. stearothermophilus
Clostridium botulinum
C. sporogenes
Clostridium tetoni
Cryptosporidium
Coliphage
Corynebacterium diphthriae
Eberthella typhosa
Endamoeba histolica
Escherichia coli
Escherichia coli
Flavorbacterium SP A-3
Leptospira canicola
Listeria
Micrococcus candidus
Micrococcus caseolyticus KM-15
Micrococcus spharaeroides
Mycobacterium leprae
Mycobacterium tuberculosis

Fungus & Mold Spores
Aspergillus candidus
Aspergillus flavus (yellowish-green)
Aspergillus glaucus (bluish-green)
Aspergillus niger (black)
Aspergillus terreus, saitoi & oryzac
Botrytis allii
Colletotrichum lagenarium
Fusarium oxysporum
Grotrichum
Mucor recomosus A & B (white-gray)
Mucor piriformis
Oospora lactis (white)
Penicillium cyclopium
P. chrysogenum & citrinum
Penicillium digitatum (olive)
Penicillium glaucum
Penicillium expansum (olive)
Penicillium egyptiacum
Penicillium roqueforti (green)
Rhizopus nigricans (black)
Rhizopus stolonifer
Protozoa
Paramecium
Nematode eggs
Chlorella vulgaris (Algae)
All Pathogenic and Non-pathogenic forms of Protozoa
Fungal Pathogens
Alternaria solani
Botrytis cinerea
Fusarium oxysporum

Neisseria catarrhalis
Phytomonas tumefaciens
Proteus vulgaris
Pseudomonas aeruginosa
Pseudomonas
fluorscens (bioflims)
Pseudomonas putida
Salmonella choleraesuis
Salmonella enteritidis
Salmonella typhimurium
Salmonella typhosa
Salmonella paratyphi
Sarcina lutea
Seratia marcescens
Shigella dysenteriae
Shigella flexnaria
Shigella paradysenteriae
Spirllum rubrum
Staphylococcus albus
Staphylococcus aureus
Streptococcus 'C'
Streptococcus faecalis
Streptococcus hemolyticus
Streptococcus lactis
Streptococcus salivarius
Streptococcus viridans
Torula rubra
Vibrio alginolyticus & angwillarum
Vibrio clolarae
Vibrio comma
Virrio ichthyodermis NC-407
V. parahaemolyticus
Virus
Adenovirus (type 7a)
Bacteriophage (E.coli)

Monilinia fruiticola
Monilinia laxa
Pythium ultimum
Phytophthora erythroseptica
Phytophthora parasitica
Rhizoctonia solani
Rhizopus stolonifera
Sclerotium rolfsii
Sclerotinia sclerotiorum
Yeast
Baker's yeast
Candida albicans-all forms
Common yeast cake
saccharomyces cerevisiae
saccharomyces ellipsoideus
saccharomyces sp.
Cysts
Cryptosporidium parvum
Giardia lamblia
Giardia muris
Algae
Chlorella vulgaris
Thamnidium
Trichoderma viride
Verticillium albo-atrum
Verticillium dahliae

Coxackie A9, B3, & B5

Cryptosporidium

Echovirus 1, 5, 12, &29

Encephalomyocarditis

Hepatitis A

HIV

GD V11 Virus

Onfectious hepatitis

Influenza

Legionella pneumophila

Polio virus (Poliomyelitus) 1, 2 & 3

Rotavirus

Tobacco mosaic

Vesicular Stomatitis

SOLUCIONES, ALCANCES Y RECOMENDACIONES GENERALES

7.1 Cálculo, diseño y construcción post COVID.

1) La oficina de diseño debe ser quien haga el contrapeso entre el mandante y la empresa constructora; debe encargarse de que el diseño se cumpla en el 100%.
2) Es difícil de predecir cuál es el diseño más adecuado para situaciones pandemia, se debe tratar de pensar en hospitales flexibles, definiendo la palabra "flexibilidad" como "que puede ser cambiado o variado de acuerdo con necesidades o circunstancias determinadas", de modo que se pueda internamente transformar en otro tipo de servicio.
3) Hay documentos publicados en el MINSAL, de donde se puede considerar las distintas fichas de diseño y se pueden utilizar para enriquecer el proyecto.
4) Diseñar los espacios necesarios para instalar un Hospital Modular dentro del predio hospitalario, este concepto obligatoriamente debe ser considerado en la etapa de diseño, donde se dejarán todas las previsiones tanto de obra como de instalaciones, de modo tal, que en caso de emergencia sanitaria se pueda rápidamente montar un hospital modular. Se considerará además las vulnerabilidades para este caso, la experiencia nos enseña que en algunos casos los hospitales modulares instalados sin planificación se inundaron en caso de lluvias, por tanto, considerar la vulnerabilidad ante inundaciones, movimientos sísmicos, aludes, incendios, etc.
5) Es necesario que se mejoren en los diseños las posibilidades de contar con espacios donde obtener las distintas cadenas de frio que se necesitan; especialmente para mantener los medicamentos o las vacunas como la del COVID.
6) En todos los estudios que se realicen para mejorar lo existente deben participar todas las especialidades en materias de hospitales logrando que actúen coordinadamente MIDESSO, MINSAL, MOP y todos los agentes que deben intervenir en el diseño, con visión de futuro de modo que se destinen los recursos necesarios para la construcción y también para el mantenimiento.
7) Es necesario incorporar en todos los diseños los conceptos establecidos en la normativa existente en las materias antisísmica, vulnerabilidad hospitalaria, tratamiento de residuos radiactivo como también implementar lo relativo a la norma específica para la estructuración de lo no estructurado. Ej. En la flotación de los estanques subterráneos en caso de napas subterráneas, los cielos falsos con los elementos antisísmicos necesarios para Chile, etc.
8) Es necesario adecuar los Criterios de Diseño a las nuevas demandas en los sistemas de climatización; lograr que estos consideren lo necesario para el proceso propio del sistema como también en tema de presiones y que estos sean respetados en todo momento. Se deberían adecuar estos criterios para los nuevos hospitales, considerando los avances tecnológicos, la experiencia de los nuevos acontecimientos y que deben ser

confeccionadas por expertos en las materias y con previa consulta a los especialistas que se desempeñaran en él.

9) Se debe considerar la experiencia que indica que las salas de esperas y los grandes andenes de ambulancias cerrados, son vitales como para las adaptabilidades futuras en caso de emergencias y reasignación de funciones.
10) Considerar la extensión de superficie en el último nivel, quedando dispuesto en obra gruesa, debidamente cerrada dotada de las potencias y capacidades necesarias en Especialidades.
11) Se deben mantener salas separadas para infecciosos e inmunodeprimidos para minimizar contagio. Se deben determinar cuántas serán de cada una e informarlo en etapa de diseño cuántas serán de infecciosos o inmunodeprimidos.
12) Se propone considerar en el diseño que todas las salas de aislamiento inmunodeprimidos se consideren factibles de convertirse en salas de infecciosos y cuando se requiera implementarla, instalar los elementos y los espacios establecidos para ello.
13) Entre otras condiciones, es necesario que el piso mecánico no sea considerado como superficie para efecto municipal y sí sean incluidos estos espacios para efectos de programa de recintos técnicos (PRT inseparable del PMA) en los proyectos estructurales, arquitectónicos o de construcción.
14) Es necesario que al efectuar los programas médicos de ingeniería y arquitectónicos se considere la visión de los especialistas para todo lo que corresponde al recinto técnico (PRT): Cabida, tamaño y peso de los equipos, transportabilidad dentro del edificio, ingreso del equipamiento tanto clínico como industrial, shafts, cielos falsos, piso falsos y con previsión de futuro (ampliaciones, remodelaciones, nuevos equipos, cambios de normativas)
15) Se recomienda que las zonas de pabellones, UCI y UTI cuenten con circulaciones sucias y limpias, de tal forma de producir movimientos unidireccionales, tanto de persona e insumos como de aire desde zonas limpias a sucias. Se debiera tener esclusas de acceso en algunos casos. Se debería hacer un estudio para determinar el grado de utilidad de esta recomendación mediante, por ejemplo, una evaluación de esas Unidades clínicas en hospitales donde haya esa doble circulación (actual Hospital Barros Luco).
16) Se debe incentivar y educar respecto al uso eficiente de los CESFAM y de los Servicios Médicos o establecimientos de baja complejidad. Es necesario que se destine presupuesto específico a ello.
17) Para un correcto funcionamiento de los hospitales de nueva generación, es imprescindible contar, junto con un buen proyecto de diseño y su construcción eficiente, con un servicio de mantenimiento capacitado para el manejo de las nuevas tecnologías que se están implementando. Como así también un servicio de aseo y alimentación preparado para estos acontecimientos de pandemia.
18) Debe realizarse y difundirse estudios “Expos” sobre el funcionamiento de hospitales recién construidos y ser conocidos por la Subsecretaria de Redes Asistenciales del MINSAL, DGC o MOP para incluirlos en los PMA/PRT y Criterios de Proyecto de los nuevos hospitales.

19) Los estudios Post Pandemia deben realizarse y difundir los resultados que se extraigan de ellos, deben ser conocidos por la Subsecretaria de Redes Asistenciales, DGC o MOP y ellos deben además de conocerlos darlos a saber a quienes trabajen los nuevos diseños de hospitales.
20) Debido a esta pandemia se deberá evaluar las renovaciones de aire exterior, teniendo en cuenta el personal de salud con el cual se cuenta.
21) La experiencia de los hospitales recién entregados contempla entregar el efecto de presión positiva y negativa en los pabellones, se podría hacer un seguimiento para evaluar in situ el avance.
22) Los Box de Urgencias, se deben diseñar con el concepto de hospitalización, es decir contener las instalaciones de gases médicos, eléctricas, corrientes débiles, renovaciones de aire consideradas para pacientes infectados de 12 cambios por hora y control diferencial de presión (estas renovaciones y presiones se diseñarán contemplando 6 renovaciones por hora y control de presiones en modo normal)
23) Si bien los nuevos y actualmente los hospitales están obteniendo la Certificación de Edificio Sustentable CES que avala los criterios de eficiencia incorporados, se puede avanzar más y para ellos se sugiere la incorporación de nuevas tecnologías en los centros hospitalarios para mejorar la eficiencia energética.
24) Debemos establecer alguna condición o proceso que nos permita responder el cómo definir el cambio cultural necesario para que lo acordado en esta mesa se pueda implementar.
25) Se debe considerar la ingeniería inversa, viendo cómo funciona lo realizado para luego mejorarla.
26) El programa médico arquitectónico sin el programa de recintos técnicos correspondientes cuando quieran hacerlo con la construcción el hospital previsto con cierto metraje saldrá mucho mayor porque a última hora incluirán pisos mecánicos o los shafts y otros equipamientos que necesitan espacio para ser instalados. Entonces se concluye que es imprescindible realizar estos programas con conocimiento específico del tema para que sea eficiente y eficaz como corresponde.
27) Se aprendió con la ingeniería española cuando llegó a diseñar y construir a Chile, pero también se incurrió en errores que llevaron a fijar estándares para ciertas cosas que eran sobredimensionados para la real necesidad. A nivel de Estado hay debilidades de contraparte técnica válida y los profesionales que están preparados no están en los puestos de trabajos que deberían estar desempeñándose, hay carencia en normativa.
28) En las salas de espera, se debería destinar más espacio a los paciente especialmente si se considera el tema de distanciamiento social que trajo el COVID.
29) Se reafirma la necesidad de hacer mesas conjuntas con otras instituciones, específicamente con el Colegio de Arquitectos de Chile AG
30) Se debe considerar el tema con visión de red de servicios asistenciales de salud que tiene hoy el MINSAL.
31) Para realizar un trabajo conjunto con el MINSAL se puede solicitar por escrito y la decisión depende de las autoridades. La gestión se debe realizar con las autoridades especialistas

que son de carrera funcionaria del MINSAL (Depto. de inversiones del MINSAL, el Depto. de seguridad de Arquitectura del MINSAL, los técnicos que están en monitoreo de obras, etc.).

32) Circulaciones diferenciadas tanto verticales como horizontales en modo pandemia y en situación normal.
33) Volver a los conceptos de pasillos sucios tanto en pabellones quirúrgicos como UCI/UTI, lo que otorga mayor precisión en el control de presiones ambientales y sanidad ambiental de cada recinto.
34) Considerar superficies de hospitalización para ser reconvertidos a UCI/UTI, para ello es necesario que los tabiques ubicados en los pasillos se contemplen vidriados totalmente con control de opacidad sobre los tabiques vidriados, en este caso los WC se ubicarán al fondo de los recintos de hospitalización, los cabeceros o CPI se diseñarán iguales a los de UCI/UTI.
35) Diseñar esclusas con la capacidad de albergar una camilla con el objeto de no permitir la apertura de puertas de la esclusa y recinto de paciente al mismo tiempo, pues en ese caso se pierde el control ambiental que se desea. El sentido de apertura de las puertas debe considerarse cuidadosamente dado que al abrir a favor o en contra del recinto se generan presiones positivas o negativas del recinto.
36) Para generar presiones positivas y/o negativas, como se ha dicho hoy existen las herramientas técnicas necesarias para lograr con precisión un control de presión a voluntad de selección del personal de salud, los cuales deben ser entrenados en la utilización de estas tecnologías y considerar protocolos de salubridad adecuados para estos casos en determinar las acciones necesarias y tiempo que se requiere para normalizar un recinto en caso de paciente infectado o un inmunodeprimido.
37) Triage separado totalmente y sectorizado desde el punto de vista de controlar la presión negativa del aire.
38) Urgencias separado totalmente y sectorizado desde el punto de vista de controlar la presión negativa del aire.
39) Se necesitan diseños flexibles y respetados por las mejoras futuras a las instalaciones iniciales.
40) En el diseño de las especialidades se deben considerar los espacios necesarios para la realización de un buen mantenimiento y/o cambio de los equipos.
41) Se debe incluir en los futuros hospitales áreas flexibles y otras destinarlas para ampliaciones futuras, previendo casos de catástrofes, pandemias, emergencias, nuevos equipamientos, mayores atenciones por enfermedades estacionales, reasignación de funciones. Deben tener flexibilidad para soportar mayores usos, por ende deben estar equipadas con mayores potencias o posibles capacidades eléctricas.
42) A futuro, se deben considerar lugares especiales para pacientes inmunodeprimidos en un área aparte en el centro hospitalario o en otro sector. Dependiendo de si la vacuna será con antígeno o virus atenuado.
43) Para el caso anterior se debe proponer en forma natural, utilizar los estacionamientos subterráneos o áreas exteriores cercanas con conexión a los pasillos y transporte vertical

de zonas en modo pandemia, con ello poder acceder a los servicios de imageneología, pabellones quirúrgicos, UCI/UTI, etc.

44) El hospital debe ser modular y deberá considerar hospitalización, pabellones de urgencias, pabellones de parto, UCI/UTI, imageneología menor, sala de procedimientos, central de alimentación menor, zonas de residuos, vestuarios, baños y duchas, etc. (ANEXO 2: Criterios de Diseño Hospital en Pandemia)

45) El hospital debe reconsiderar los espacios del depósito de cadáveres y el tamaño de equipos para el acopio de cadáveres refrigerados.

46) Considerar materiales con propiedades antimicrobianas, como puede ser el cobre. Esto se podría aplicar a manillas, interruptores, quincallerías, etc. De esta forma se podría disminuir la posibilidad de contagio por contacto secundario a nivel de superficies.

47) Basado en una estructura base de 2 circulaciones una de Usuarios (Circulación Abierta) y otra de Personal e Insumos (Circulación Cerrada), se propone incluir una tercera circulación central. De esta forma el sistema propuesto funciona mediante dos circulaciones perimetrales (circulación abierta de usuarios) y una central (circulación cerrada de personal e insumos médicos). De esta forma es posible aislar una de las áreas (área infecciosos), manteniendo el funcionamiento de las áreas restantes. Por otro lado, se propone un sistema de crecimiento vertical y horizontal, que no es más que la prolongación del mismo sistema base.

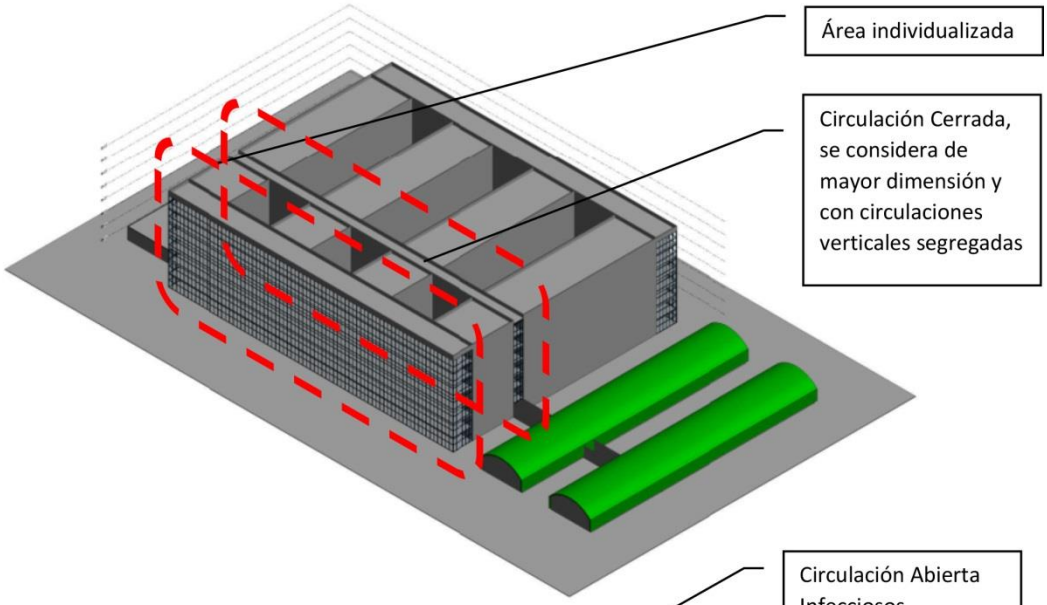
.

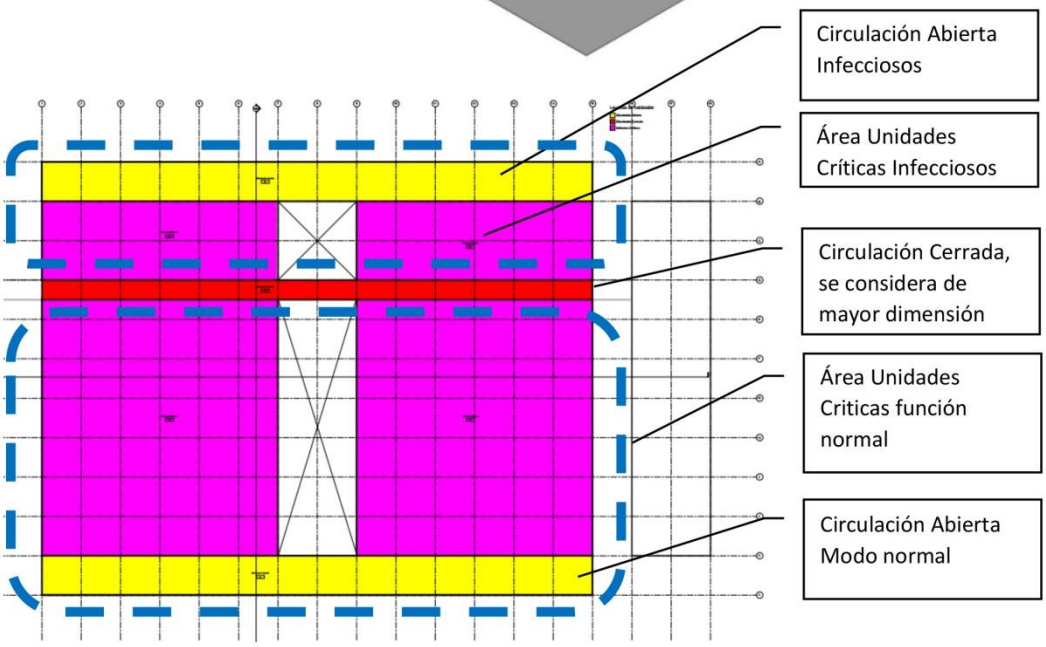
7.1.1Reconfiguración

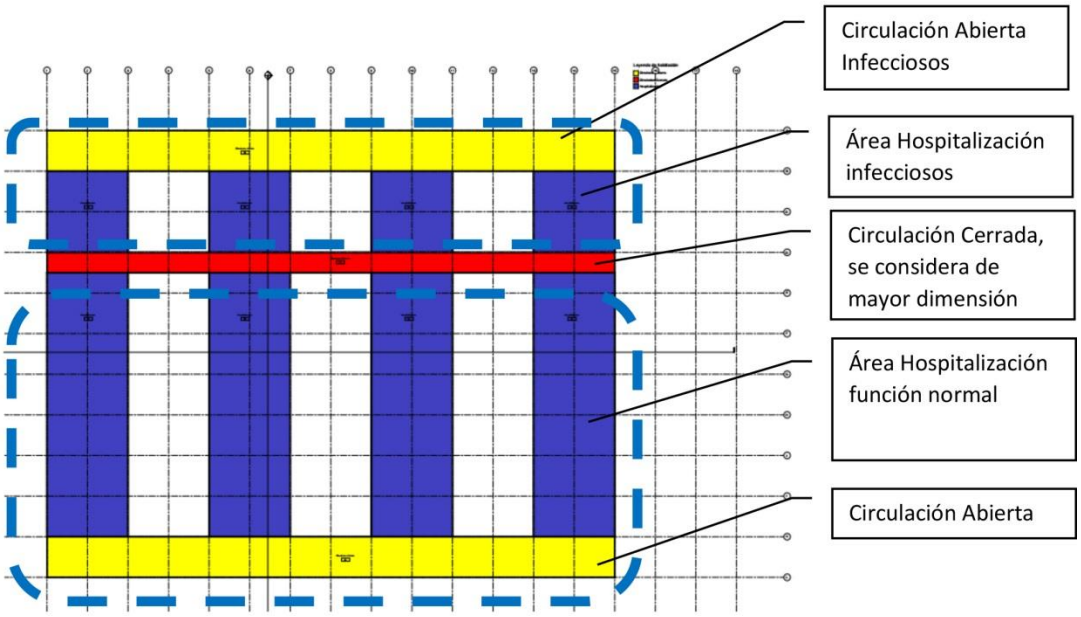
A través de la inclusión de una circulación central, que divide la planta del edificio en una proporción 1:4. Con ello se otorga la posibilidad de aislar una sección del hospital, manteniendo todas las conexiones internas para su correcto funcionamiento.

En situación normal el hospital funciona por medio de circulaciones segregadas, de manera convencional. Pero al momento del inicio de la pandemia el establecimiento puede individualizar un área completa, la cual comprende áreas programáticas de atención abierta, hospitalización y At. crítica, y al mismo tiempo cuenta con conexión a las áreas de Apoyo Diagnóstico.

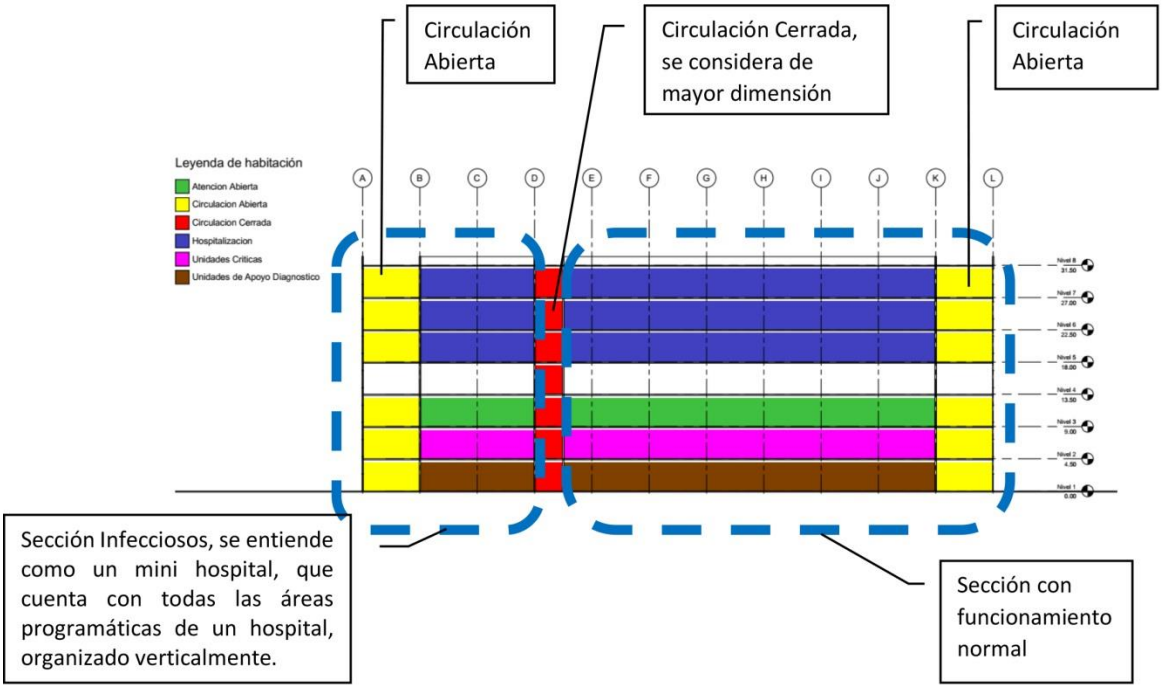
Se propone incluir una circulación central, que “divida” las distintas plantas programáticas del hospital, en una proporción 1:4. De esta forma se podrán destinar un área (25%) para el uso exclusivo de pacientes infecciosos, esto aplica para todas las áreas, ya sea Diagnóstico, Pabellones Quirúrgicos, UCI / UTI, etc.


Área individualizada
Circulación Cerrada, se considera de mayor dimensión y con circulaciones verticales segregadas


Circulación Abierta Infecciosos
Área Unidades Críticas Infecciosos
Circulación Cerrada, se considera de mayor dimensión
Área Unidades Criticas función normal
Circulación Abierta Modo normal



Ejemplo de Planta Hospitalización



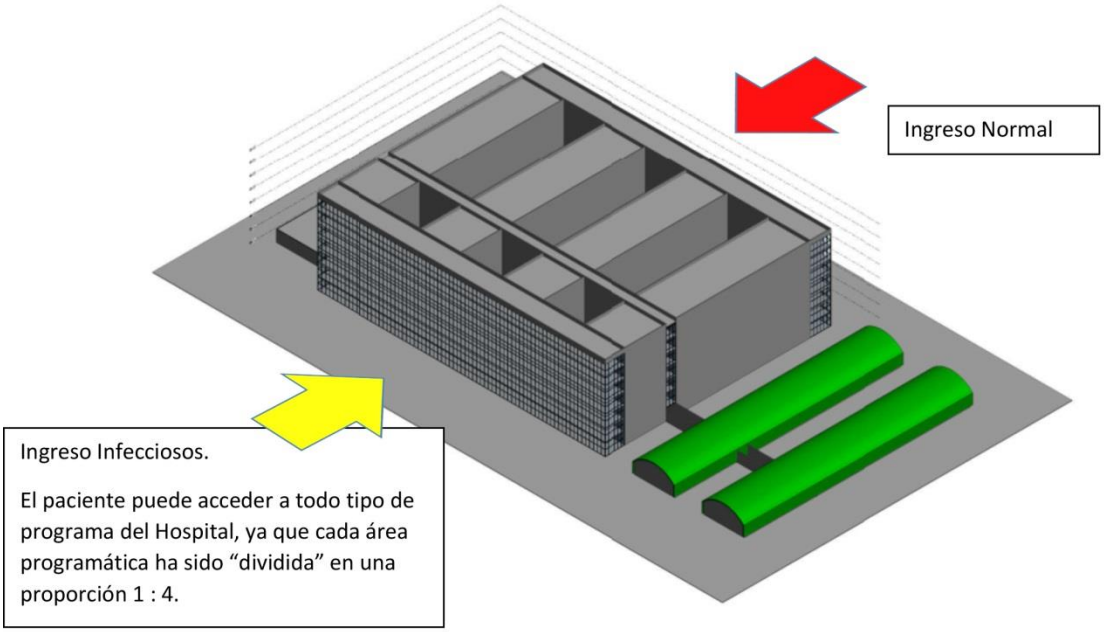


Grafico circulaciones – Modo normal

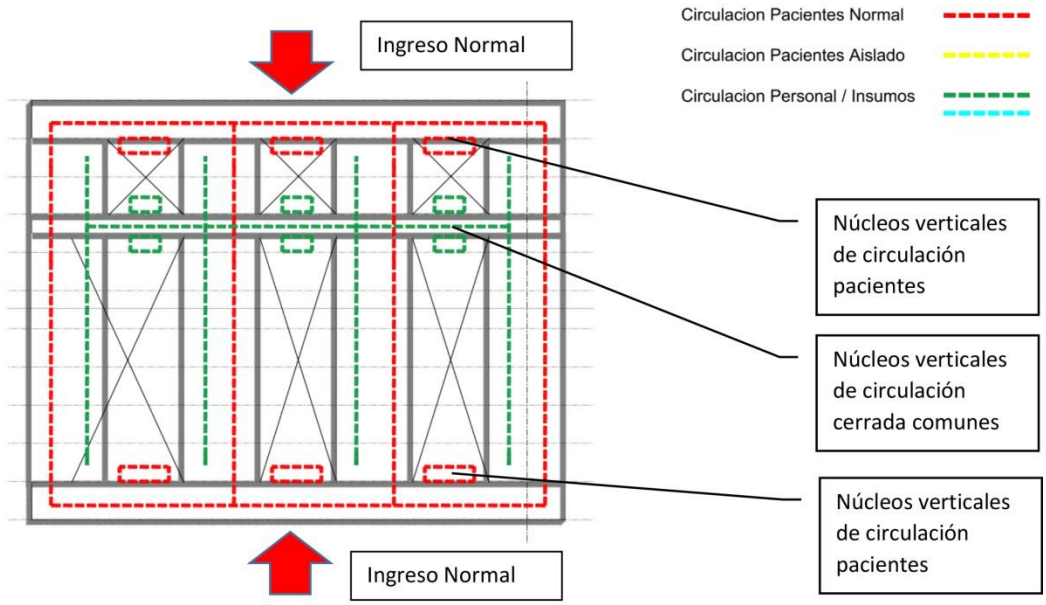
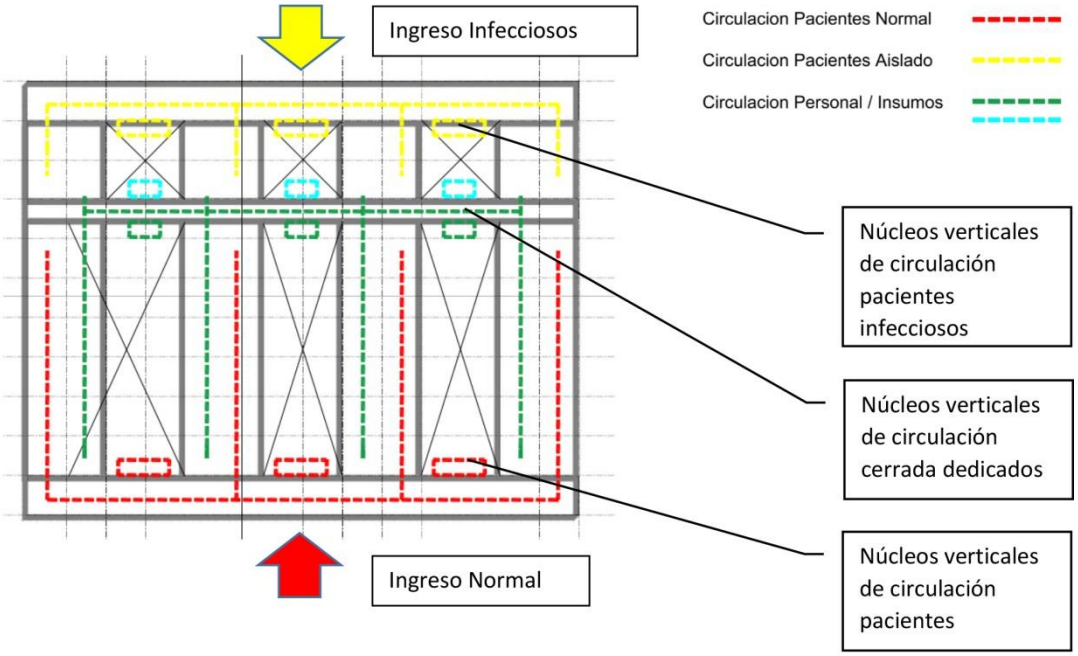


Grafico circulaciones – Modo Pandemia

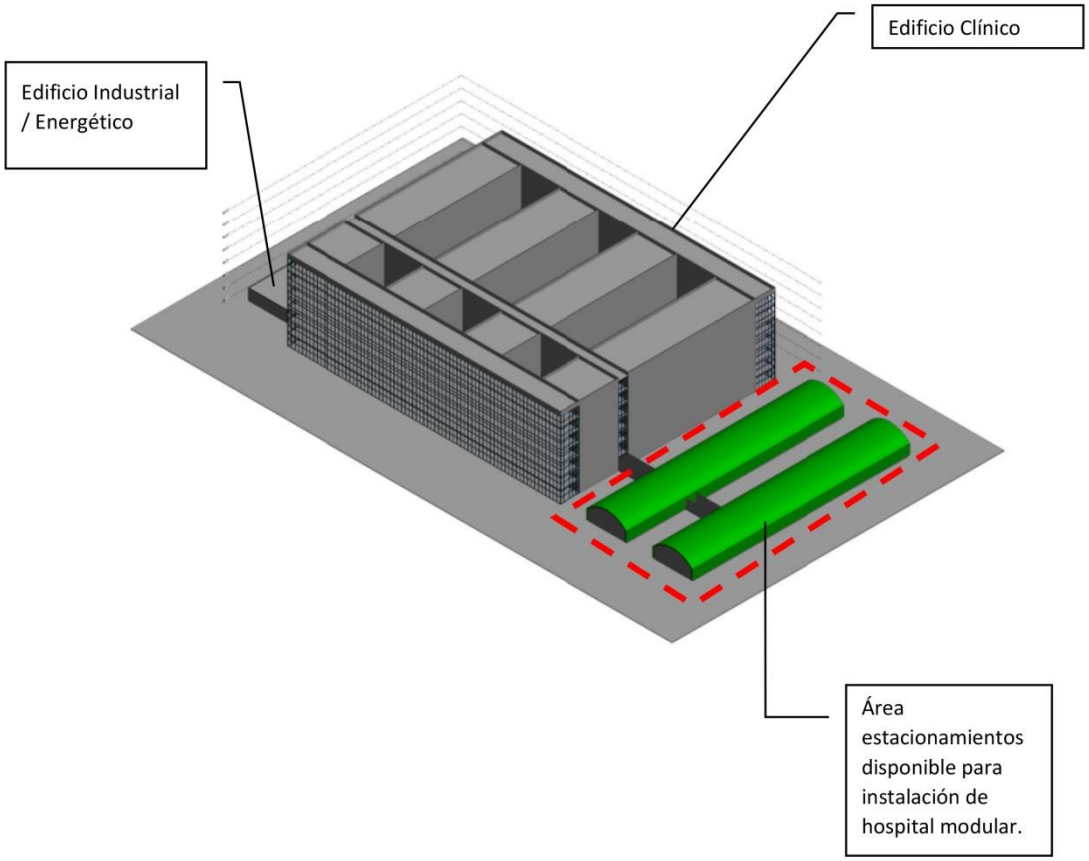


Desde el punto de vista de instalaciones, el 20% individualizado debiese contar con todas las especialidades necesarias para la reconversión de camas básicas a camas críticas (UCI/UTI). Estas comprenden gases clínicos, climatización, etc.

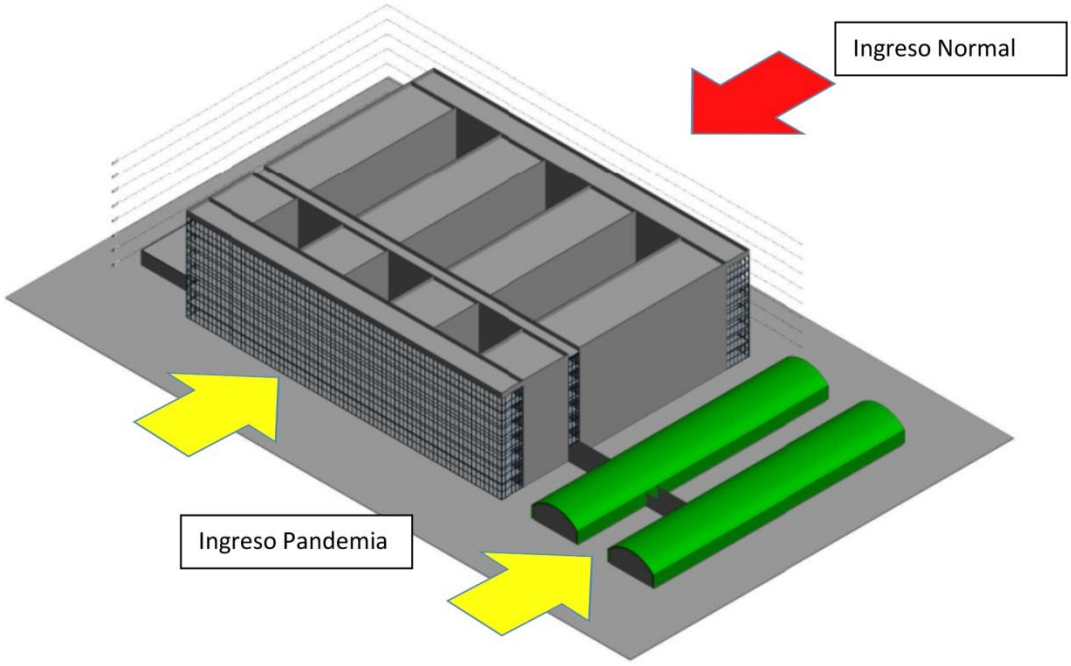
7.1.2Crecimiento programado

Mediante la extensión de una configuración básica de zonificación y circulaciones, se establecen áreas de crecimiento que se acoplan a una estructura base.
Dependiendo del aumento de la demanda de prestaciones, el hospital se verá obligado a aumentar la cantidad de camas y boxes de atención. Frente a esto se propone disponer de un área prediseñada con instalaciones necesarias para su habilitación en tiempos de catástrofes.
Frente a esto, existen dos posibilidades de crecimiento preconcebido:

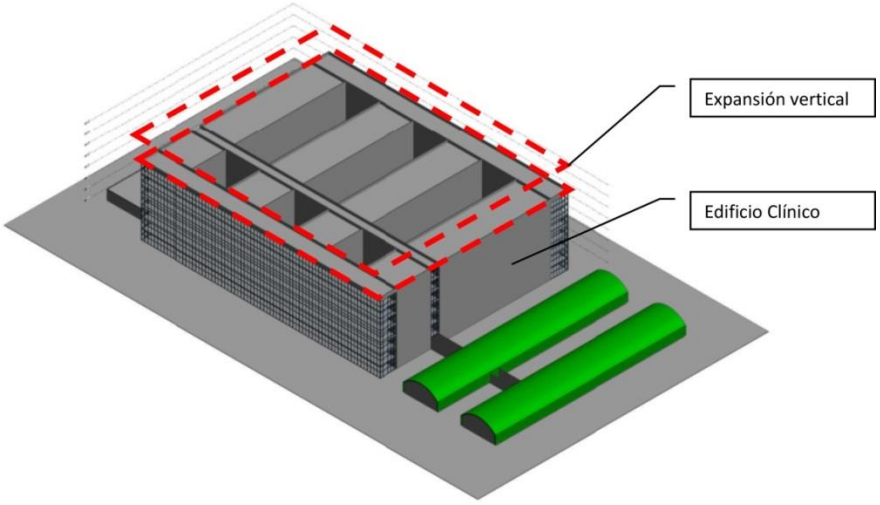
- Disponer de áreas de estacionamientos ligadas a áreas clínicas, tales como Urgencia, Consultas, Hospitalización.

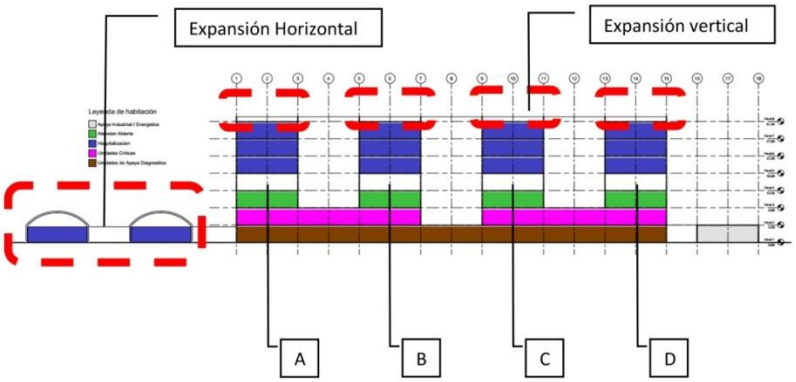

Edificio Clínico
Edificio Industrial / Energético
Área estacionamientos disponible para instalación de hospital modular.

14)

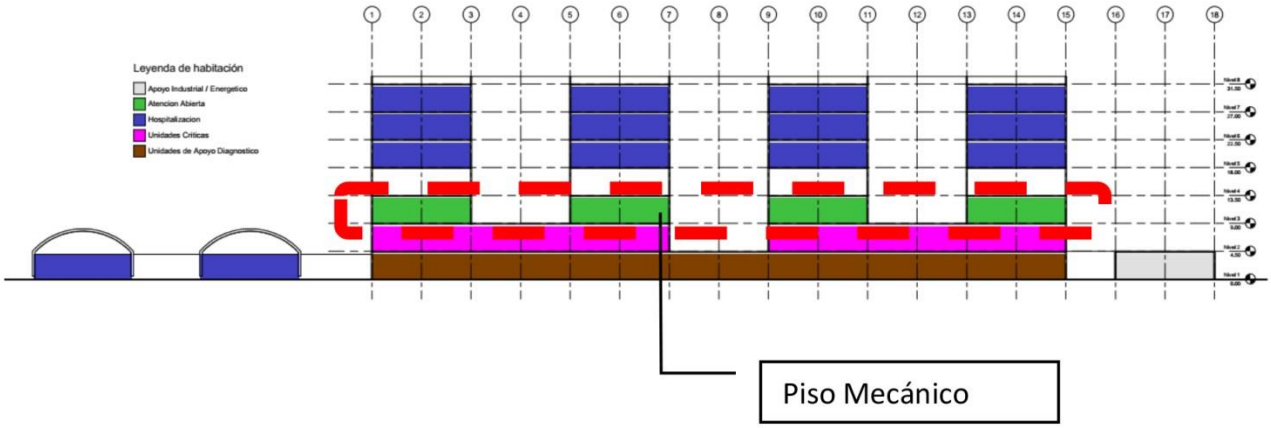

Ingreso Normal
Ingreso Pandemia

- Pre diseñar un piso superior, con sistemas de circulación vertical (ascensores y escaleras) e instalaciones (eléctricas, climatización, gases, etc.). Como es lógico se deberá prever este aumento de demanda en términos de suministros, instalaciones y cálculo estructural.





Para el funcionamiento de lo anterior, se debiera considerar el piso mecánico entre las unidades críticas y áreas de atención abierta / cerrada. De esta forma queda “liberado” el último piso terraza.



7.1.3Capacidad Instalada.

El modelo desarrollado y que se encuentra detallado en el estudio desarrollado por los señores Rojas y Márquez contenido en el Anexo N°2 de este informe, considera una capacidad instalada de camas; en razón de 3 camas por habitación y 51 camas por modulo x piso. El aumento de camas se detalla en dicho anexo.

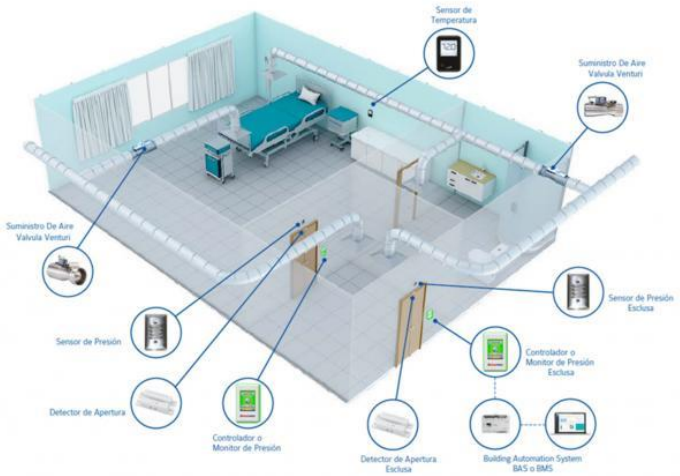
Característica del terreno.

1) En las nuevas construcciones de hospitales el estudio de vulnerabilidad del terreno escogido y de su entorno debe ser obligatorio.
2) Se debe construir sobre terrenos nuevos los futuros hospitales, en la medida de lo posible, por la polución propia de la demolición y de la propia construcción de los edificios existentes. Si no fuese posible que así sea se deben tomar todas las precauciones factibles para minimizar el movimiento del polvo en el proceso de demolición o construcción, lo que debería ser instruido oficialmente por el MINSAL y el MOP con un manual específico.
3) Sería muy beneficioso considerar que el hospital no ocupe más del 35% del terreno, para permitir espacios de emergencia, estacionamientos, jardines y espacios propios del hospital futuro, mejor iluminación y ventilación naturales y espacios para hospitales o módulos de emergencia. Esto evita que los cambios realizados en los edificios hospitalarios no dañen a los aledaños y viceversa.

Costo operacional, de Construcciones y especificaciones técnicas.

1) Es necesario convencer a las autoridades de que el costo operacional anual de un hospital equivale al de construcción como también que es necesario considerar que el 55% del valor de la construcción es de instalación. Lo que es argumento suficiente para enfocarse a realizar mejores construcciones.
2) Buscar cómo asegurar hospitales multifuncionales y ampliables. Se debe ver con los organismos reguladores y que no consideran la inversión en construcción más relevante que los gastos operacionales. El costo de operación anual equivale al costo de construcción, que podría minimizarse al invertir en una construcción más eficiente y de buena calidad, cuya ponderación varía según el tipo y la latitud del hospital. El costo de operación incluye todo aquello necesario para su funcionamiento anual. Solo el costo de mantenimiento anual está entre un 7% y un 10% del valor total de la obra, incluyendo el equipamiento requerido por el personal de salud.
3) El gasto de construcción en una proyección a 50 años es insignificante en relación con el gasto de operación en aquellos hospitales en los que se ahorra en su construcción. Se concluye que un hospital bien construido que contemple todo el equipamiento y los espacios necesarios genera al cabo de 50 años un ahorro significativo en el costo de operación del mismo.
4) La asignación de fondos debería hacerse en un momento tal que se tuviera la certeza de cuál será el proyecto definitivo.
5) Las bases administrativas y las especificaciones técnicas deben ser confeccionadas por expertos en las materias y con previa consulta a los especialistas que se desempeñaran en él.
6) Las especificaciones técnicas deben estar diseñado de manera que exista duda respecto a lo que se está solicitando y si se desea citar el “o similar” se debe especificar exactamente similar en cuanto a qué.
7) Ver cómo considerar valores en los hospitales de eficiencia energética para minimizar los costos iniciales de operación de todas las especialidades técnicas a desempeñarse en el hospital, a fin de lograr que el financiamiento y la asignación de fondos se ponga a disposición para la construcción y el mantenimiento necesario.
8) Se ha identificado un problema que también es de preocupación y es el hecho de que hoy existen contratos de diseño y construcción, donde a la empresa contratada se le entrega un anteproyecto con falencias y en base a ello se le indica a la empresa constructora que se debe hacer cargo del desarrollo del proyecto y además del costo de construcción, solicitándole a dicha empresa que basada en ese anteproyecto indique el costo final del proyecto de la obra; el resultado de ello es que cuando se le exige a dicha empresa que debe tener tal o cual medición o incorporar tal o cual elemento en tal espacio la empresa se excusa indicando que su cálculo de costo no incluyó lo que se le está solicitando y como no puede aumentar su costo informado a pesar de que su compromiso era diseñarlo con todo aplicando criterios de diseño, construirlo y en algunos casos

concesionados también operarlos. Hoy se debe corregir el hecho de que se permite a la empresa constructora ser juez y parte en diseño y construcción. Hay que volver al sistema en que el diseño se entrega completo con todos los detalles, las exigencias, las certificaciones y según todas las normas exigidas que corresponden a la empresa que finalmente construirán y/o operarán el hospital.



Autores Foto anterior; *Alejandro Suarez, Arquitecto; Julio Rojas, Ingeniero Mecánico* | AGOSTO 2020

8.- CLIMATIZACIÓN.

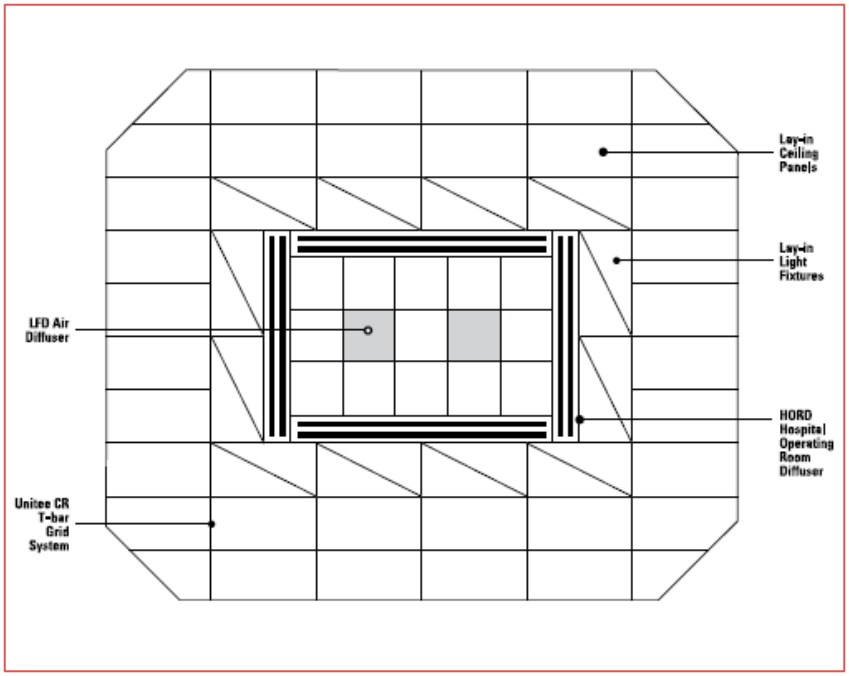
1) En Pandemia es vital ocuparse de los sistemas de climatización dado que el contagio es aéreo y si este sistema no está bien diseñado e implementado se disminuyen las condiciones de contaminación. La inversión en esta área a largo plazo se recupera con beneficios directos tanto para el equipo de salud, los enfermos y para la comunidad.
2) Debemos consensuar la respuesta a la siguiente propuesta: ¿para qué queremos tener hospitales de alta tecnología parecidos a los del primer mundo? Hoy está tabulado el grado de infección y consumo de antibióticos en el primer mundo para determinar qué porcentaje de la población se infecta y en ellos se cumplen las normas establecidas. En Chile cabe preguntarse cuál es la finalidad de tener hospitales y si efectivamente la mayoría busca sanitizar o climatizar porque para ello se deben cumplir las normativas de renovación, de higiene ambiental, de presiones y lo que se ve en la realidad es falta de voluntad de hacer las cosas bien. Para lograr una eficiencia en climatización es necesario que en las especificaciones técnicas se exija certificar o realizar una validación de un tipo específica y que existan empresas certificadoras de los ambientes hospitalarios; para lograrlo necesita Chile definir itos, certificadores o receptores con vasta experiencia en el área que certificarán; como también en el proceso constructivo debería incorporarse 1 o 2 itos más, es decir debería ser criterio de diseño, construcción y validación de instalaciones por organismos debidamente certificados en materia de clima según las normas internacionales existentes. Tenemos problemas de conocimiento en Chile, las inspecciones fiscales y los itos son revisados por profesionales de bajo conocimiento técnico y eso genera limitaciones. En otros países los profesionales deben responder por sus errores técnicos y no existe fiscalización, los profesionales además de tener que contratar onerosos seguros tienen en riesgo el ejercer la profesión si cometen errores ello permite mantener mejores estándares de eficiencia que los existentes en Chile. En nuestro país debemos generar la necesidad de certificación clima y bacterias para que efectivamente se generen mejoras, confirmando con esa que lo que se ha diseñado y construido está bien hecho.
3) La especialidad que mayor impacto ha tenido en el caso de la pandemia ha sido la climatización, donde hoy existen todas las herramientas técnicas para resolver el control exacto de presiones diferenciales de aire, para ello es necesario que la comunidad internacional que se dedica a esta especialidad pueda reformular las normas que regulan las instalaciones de esta área en hospitales como son fundamentalmente ASHRAE y las normas europeas UNE, dado que por norma no se consideran presiones negativas en Pabellones Quirúrgicos, UCI/UTI, hospitalización y otros, no dando espacio a atender a pacientes infectados, en todos estos recintos las normas demandan presiones positivas de aire ambiente.
4) Se necesita reforzar el tema de climatización en todo el hospital, considerando como algo relevante las Salas de Espera.
5) Se debe considerar que cuando se trate de climatización no estamos hablando de un lujo sino que de una necesidad.

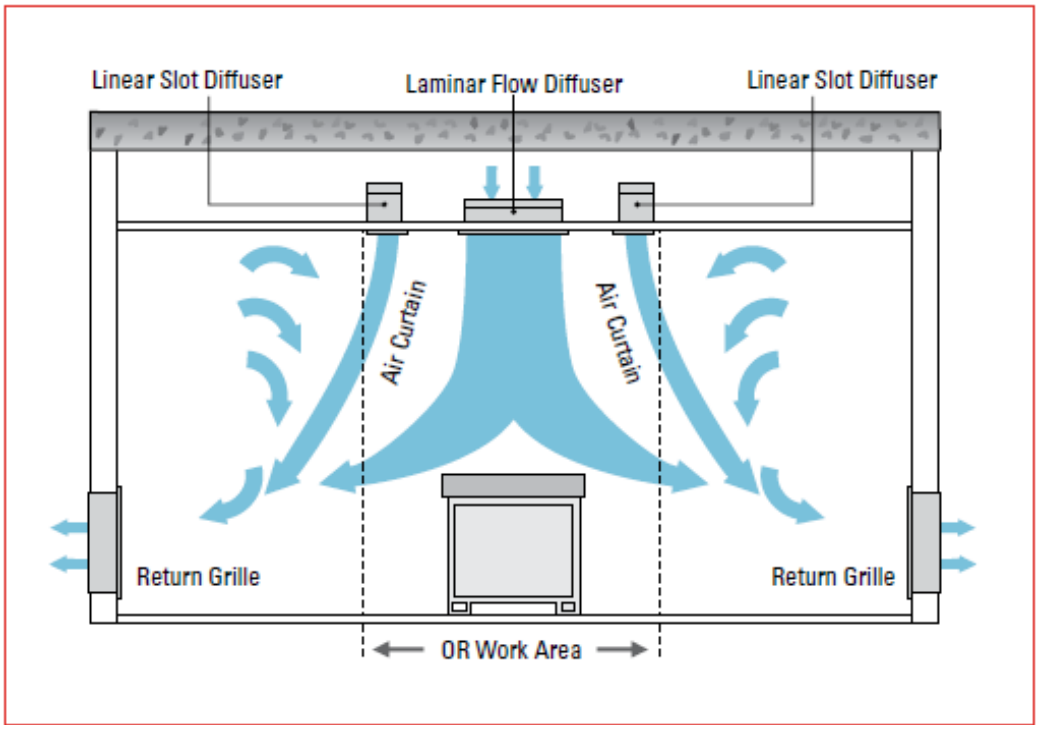
6) Regular la humedad adecuadamente en las zonas quirúrgicas y otros lugares con 100% de aire exterior. Incorpora en el diseño de los hospitales actualmente pero no es un hábito su uso correcto, siendo necesario que si lo sea. Es conveniente dar la alerta en este punto.
7) Es necesario que se establezcan normativas rígidas y obligatorias que sean propias de Chile y que se basen en las normativas existentes a nivel mundial, en materias de climatización y eficiencia energética para recintos clínicos; las que deberían ser indicadas por el MINSAL.
8) Se debe considerar un estándar para las renovaciones horas y darle la relevancia que tiene en el diseño, al igual que el nivel de presión.
9) En Chile es necesario que se establezcan normativas rígidas y obligatorias que sean propias de Chile y que se basen en las normativas existentes a nivel mundial, en materias de certificación de la medición del particulado para recintos clínicos; las que deberían ser indicadas por el MINSAL.
10) Es necesario lograr que los diseños consideren lo necesario para el proceso de climatización y de presiones, de modo tal que sean respetados en todo momento.
11) Los pasillos críticos del hospital, se considerarán con un ancho de pasillo que permitan instalar camillas con pacientes y un ancho restante que permita el flujo normal de personal de salud y pacientes. Los muros y/o cielos contendrán Gases Médicos Aire, Oxigeno y Vacío, así como también los enchufes eléctricos de fuerza y corrientes débiles necesarios para atender a los pacientes ubicados en camillas de pasillo. La climatización de estos pasillos deberá contar con control de temperatura y presión diferencial de aire.
12) La superficie debería ser calculada por una cantidad de expertos entre los cuales se consideren todas las especialidades que interactuaran en el espacios y serán quienes deberán ocuparse de que todo funcione bien. Por lo general es la superficie disponible en los PMA o en los Anteproyectos referenciales los que complica porque no incluye el espacio suficiente para colocar correctamente el equipamiento correspondiente.
    La convertibilidad y la flexibilidad que se necesita en caso de emergencia, con las condiciones necesarias, es de suma importancia
13) Se deben considerar las renovaciones horas de aire exterior, la concentración de CO_2 y los niveles de turbulencia en servicios críticos y darle la relevancia que tiene en el diseño, al igual que los distintos niveles de presión según cada servicio. En Chile no hay certificadores de puesta en marcha de instalaciones de clima o instrumentos utilizados en el área. Existen empresas u organismos que se dedican a la medición de cumplimientos de parámetros de clima según diseño.
14) En los pabellones debemos preocuparnos de cuánta diferencia de posición medida en pascales se tendrán para generar la diferencia, de modo que sea una presión correctamente negativa o positiva
    a) Asegurar hermeticidad de las puertas y que tengan una exclusa donde las personas se puedan sacar los DDP y puedan traspasar desde un área contaminada a una limpia o viceversa
    b) Se propone que algunos pabellones tengan la facultad de funcionar en depresión, dependiendo de si el paciente es infeccioso.

15) Asegurar exclusa en cada área. Si existe presión positiva o negativa en una sala, se debe asegurar que la direccionalidad del flujo de aire sea en la dirección correcta hacia el exterior o interior de la sala, considerando las extracciones necesarias en baños y exclusas.
No se obtiene nada con cambiar las presiones de los recintos sino se tiene una buena exclusa y la variante adecuada bien resguardada de modo que no se disparen las presiones.
Lo anterior debe aplicarse, si es posible, también en salas de hospitales que ya están en funcionamiento.

16) En Pabellones, se recomienda inyección de aire del tipo no aspirante, es decir, difusores de flujo laminar y difusores lineales en su perímetro para establecer una zona de atención del paciente que evite el flujo de aire turbulento, eventualmente podría considerar el filtro HEPA en conducto terminal. Esto debe validarse con los ingenieros del MINSAL para que modifiquen los criterios de diseño.

IMAGEN: INYECCION DE AIRE EN PABELLONES, DEL TIPO FLUJO LAMINAR.





17) Esta Pandemia nos hace visualizar que es necesario estudiar si uno o más pabellones deben operar con presión negativa para atender pacientes infectados.
18) Los ductos de salida deben ser ubicados en la parte baja de los paramentos del recinto
19) Es necesario tener el elemento equipamiento redundante en sistema de aire acondicionado, estableciendo su implementación en la construcción o dejando los espacios previstos para ello a futuro.
20) La retroalimentación de hospitales construidos y operando lleva a concluir que el diseño debe relevar el sistema de climatización y que es imperioso que sean respetados dichos diseños y el uso adecuado de los sistemas una vez implementados para que la alta inversión valga la pena.
21) El diseño y la retroalimentación lleva a concluir que el diseño de los hospitales deben relevar el sistema de climatización por sobre los otros y que es imperioso sean respetados los diseños y el uso adecuado de los sistemas para que la inversión valga la pena.
22) Se sugiere considerar condiciones para que funcione mejor el diseño en situación de normalidad y para ellos se debe buscar una solución que evite el cruce de circulación.
23) Se debe asegurar la solución al ser electro dependiente.
24) Todas las instalaciones deben quedar provistas desde el principio con los espacios adecuados, para asegurar el proceso de mantención.
25) Es necesario apoyar en el proceso de investigación para poder perfeccionar los estudios existentes; en la mesa fue expuesto el proyecto de "Diseño de Hospitales en modo Pandemia" presentado por el Ingeniero en Climatización Julio Rojas y el arquitecto Márquez que requiere ser apoyado para que el proceso de investigación pase a la etapa técnica de aplicación. Se propone pensar en alianzas con universidades (memorias o

investigación en USACH o U Desarrollo) y organismos de financiamientos (FONDESIT) buscando estandarizar la propuesta del proyecto. AARQHOS y el Colegio de Ingenieros pueden ser nexos para generar las ayudas.

26) Para determinar la humedad y la temperatura en un pabellón existen normas generales de confort y recomendaciones de organismos como ASHRAE que están en permanente cambio, por lo cual es necesario seguir estos cambios para los diseños de hospitales actuales y futuros.
27) Las especialidades deben considerar en etapa de diseño la incorporación de gases medicinales, tomas eléctricas, corrientes débiles, agua potable sanitaria, protección contra incendio, aguas tratadas, aguas lluvias, alcantarillado y climatización, tanto en el futuro hospital modular, crecimiento en superficie de último nivel, como en dotar de mayores prestaciones similares a UCI/UTI en habitaciones de hospitalización, recintos aislados, pasillos de urgencias, Urgencia, otros, por tanto, las capacidades y potencias de especialidades Triage se verán aumentadas, se verá en este documento que las camas en modo pandemia se duplicarán.
28) Incorporar las vulnerabilidades señaladas para las instalaciones
29) El diseño debe contemplar dejar los arranques de matrices de todas las especialidades en la zona donde se implementará en Hospital Modular y en el piso superior.
30) En un hospital regular se deben diseñar todos los recintos críticos con control de presión el cual pueda en forma indistinta, recinto por recinto, modificar las presiones interiores. Para estos recintos las tomas de gases médicos, enchufes y tomas de corrientes débiles deben tener el estándar de una UCI/UTI.
31) Las manejadoras de aire serán todas para instalación en recintos hospitalarios, es decir en su interior con perfiles de canto redondeados, con superficies de acero inoxidable o con pintura anti bacteriana, contar con lámparas UV y sistema iónico, todas contarán con motores EC; el caudal de inyección y retorno será igual y dimensionado en el caso más crítico del recinto que trata, contará además con un módulo en la extracción lo más cercana al recinto que trata a pacientes infecciosos, este filtro puede ser retirado en situación de Hospital en modo normal
32) Se debe tener cuidado en el diseño de ductos y selección de difusores de aire, ya que las renovaciones de aire en modo pandemias serán superiores en algunos recintos, pudiendo diseñar ductos en paralelo, de igual modo las UMAS pudieran en algunos casos considerar más de un ventilador por módulo de inyección o extracción.
33) Diseñar los sistemas de climatización sin retorno de aire, es decir 100% aire exterior con uso de recuperadores de calor con porcentajes de recuperación superior al 60% de la energía.
34) Las factibilidades de instalaciones serán solicitadas de acuerdo a las demandas de consumos y potencias en modo pandemia.

8.1 Otras Especialidades:

1) Dotar de Gases Médicos a lo menos de Oxigeno y Aire Medicinal para Triage, Urgencia. La pandemia nos demostró que pacientes debían esperar largas horas antes de ser tratado.
2) En Gases Médicos se diseñaran centrales Espejos.
3) Sistema eléctrico se diseñará con circuitos críticos redundantes y con circuitos totalmente separados para el hospital modular
4) Sistema de Corrientes Débiles y cableado estructurado deben ser totalmente independientes para el Hospital Modular.
5) Incorporar las instalaciones necesarias descritas en el punto C.1 para la reconversión de Habitaciones y Recintos Aislados; en UCI/UTI. Incorporar las instalaciones descritas en Arquitectura en Pasillos de Urgencias, Urgencia y Triage. Instalaciones Sanitarias diseñadas para dotar de agua en modo pandemia sabiendo que la capacidad de camas obligaría a duplicar los estanques de acumulación de agua.
6) La señalética debe dirigirse a fortalecer en la operación del equipo de salud de los centros hospitalarios, esta debe ser adecuada y es necesario que esté dirigida al personal de salud en tema de circulación y acciones que deban realizar antes de entrar a los lugares en que hay restricciones según la condición del paciente o del lugar. Es necesario que la señalética sea ubicada en lugares estratégicos, en tamaños y colores adecuados; estas deben ser escritas en lenguaje nacional e internacional, integrando los idiomas originarios del sector donde esté emplazado el recinto de salud.

8.2SANITIZACIÓN

1) Dado que los ductos se ubican en lugares húmedos y oscuros, por lo que es muy probable que rápidamente en ellos crezcan hongos, sería recomendable poner en los filtros una luz ultravioleta que elimina cualquier microorganismo que se pudiera generar en el lugar, al final del ducto o justo en el ingreso del aire a pabellones, UTI o cualquier recinto donde quisiéramos asegurar un ingreso de aire inocuo al lugar.

Los ductos de climatización habitualmente se ubican en lugares húmedos y oscuros, por lo que la proliferación de hongos y microorganismos. Es deseable se coloque luz ultravioleta en ellos y en los filtros de ingreso de aire inocuo al lugar.

2) Es necesario considerar el tema de sanitización en las especificaciones técnicas de los nuevos hospitales para tener abordados los temas relevantes.
3) Es necesario revisar las condiciones de riesgo en las infraestructuras que son antiguas y/o en aquellas que se están construyendo, según la condición de los terrenos en cuanto a cómo evitar propagar infecciones, cuidando generar las condiciones que permitan asegurar la limpieza y asepsia eficiente del aire y del lugar
4) Se debe minimizar en los centros de salud la carencia en condiciones de sanitización para el personal que se traslada desde lugares externos al centro de salud, asegurando que todo el personal cuente con un baño, “salas de estar” sanitizador y un lugar apropiado para dejar sus ropas desde cuando llegan a sus lugares de trabajo hasta que se retiran de él, en todos los centros de salud hospitalarios especialmente en UCI, UTI, Pabellones y Salas de Infecciosos, de modo que se cuente con un lugar para que el personal pueda cambiarse de ropa y tener ropa de trabajo de modo que se garantice su condición de higiene.
5) Para minimizar el cruce de infecciones por el no lavado de manos del personal, hoy riesgo demostrado de contagio derivada por la falta de aseo tanto en manos como en vestuario. Hoy se debe asegurar éste higiene con el uso de la tecnología existente, proporcionando tanto lugares como materiales para la higiene de manos y ropas, asegurando que las ropas de trabajo sean de materiales adecuados. Se sugiere evaluar implementar en los futuros diseños la instalación de cortinas de aire entre otros.
6) Es imperioso que todos los escusados estén siempre acompañados de un lavatorio en el mismo cubículo. Es necesario por higiene y sanidad. Ello minimiza el riesgo de contagio.
7) La materia de sanitización es relevante, aún está en desarrollo y no es posible optar por solo uno de los métodos; lo óptimo es utilizar en lo posible todos los métodos y tomar la decisión de acuerdo al espacio que se sanitizar.
8) Todas las instalaciones deben quedar provistas desde el principio, al igual que las medidas necesarias para asegurar el proceso de sanitización continua.
9) Los métodos de sanitización que se vieron y se estima deben considerarse, son los biológicos y los químicos.

a) **Métodos biológicos**: **La Luz ultravioleta** se considera un método biológico de control porque tiene un efecto directo sobre el ADN o ARN (o ácido ribonucleico) del microbio ya

que modifica su "memoria genética" e inactiva su capacidad de reproducción violeta, la luz que tiene esta capacidad es la Luz UV-C.

Su aplicación: La luz UV-C se considera un método de control y tratamiento PASIVO, esto porque debemos hacer llegar la partícula hasta la luz. Por esto debemos saber dónde se quiere instalar y si la queremos para control de microbios o tratamiento de aire (desinfección).

b) **Métodos químicos**: También son los llamados "métodos de oxidación", transforman el microbio en un elemento que no pueda afectarnos, existen los siguientes tipos:
   i) ***Combustión Catalítica***, utiliza altas concentraciones de gases para oxidar los microbios, pero debemos tener presentes que esto no es viable en presencia de humanos.
   ii) ***Fotocatálisis o también llamada oxidación foto catalítica***, procura la reducción por oxidación conocida como "REDOX". Se usa típicamente Luz Ultra Violeta y Dióxido de titanio para generar peróxido de hidrógeno.
   iii) ***Ozono***, existen generadores de ozono que también oxidan los microbios. Al igual que la fotocatálisis el ozono tiene límites de concentraciones máximas permitidos en OSHA, FDA y ASHRAE. En concentraciones mayores puede ser peligroso para la salud.
   iv) ***Ionización por Plasma***, es algo más segura para la salud de las personas ya que se genera a partir de un campo electromagnético, el cual permiten generar iones positivos y negativos de oxígeno que se liberan en el ambiente. Estos iones se van a adherir a microorganismos como virus, bacterias y hongos rompiendo su membrana por el método de "oxidación" y cambiando su composición química por un compuesto menos dañino o simplemente inactivo, haciendo el ambiente que respiramos fresco y limpio.

10) En materia de sanitización no es posible determinar solo un método y los existentes pueden ser complementarios; lo óptimo es implementar más de uno, dependiendo del lugar y el uso del espacio a sanitizar. A continuación, se entrega un cuadro comparativo de la luz UV-C, Ozono y Ionización por Plasma, el cual podría ayudar en el momento de la selección del método.
11) Es mejor procurar un ambiente limpio y para ello es de vital importancia el tratamiento del aire interior, a través de un buen filtrado de aire, renovaciones de aire y un método de sanitización de aire, existe el equipamiento para poder hacer mediciones y determinar la calidad del aire. La renovación de aire depende principalmente del tipo de recinto, de su uso también de la cantidad de personas presentes.
12) Investigar las modalidades que han implementado y logrado buenos resultados en otros países y buscar la tecnología adecuada para lograr evitar se propague la contaminación y/o los aerosoles tóxicos.
13) Se debe analizar el considerar el filtro HEPA en conducto terminal. En las especificaciones técnicas de los nuevos proyectos en desarrollo están contemplados, Esto debe validarse con los ingenieros del MINSAL para que modifiquen los criterios de diseño.

14) Para todo material o equipo que se coloque en los espacios de los establecimientos de salud se debe considerar obligatorio el asegurar su condición anti vibratoria, anti volcamiento y antisísmica. Se debe establecer en las especificaciones técnicas esta exigencia.
15) Se deben considerar los métodos de santización según sus características, se ha estimado apropiado dar a conocer las que se pudieron identificar en el proceso del trabajo realizado en la mesa de trabajo Se resumen en el cuadro a continuació.

8.2.1CUADRO COMPARATIVO DE METODOS DE SANITIZACIÓN

	MÉTODOS QUÍMICOS PARA SANITIZACIÓN:			MÉTODOS BIOLÓGICOS DE SANITIZACIÓN				
Producto	IONIZADOR POR PLASMA		OZONO	Torre de desinfección 6 tubos	Torres de desinfección 8 tubos	Torres de desinfección 12 tubos	Recirculadores aire	Recirculadores aire
	PA600	SERIE 7000	Generadores de Ozono, El ozono es un gas 100% natural y ecológico que se convierte en oxígeno puro después de su uso, siendo un germicida rápido, completo y sin residuos.					
Capacidad	0 a 2400 CFM	0 a 6000 CFM	0,05 ppm en aire, equipos de 100 a 1000 mgrO3/hr.	50 m³ en 15 minutos	50 m³ en 15 minutos	50 m³ en 15 minutos	32 m³/He	36 m³/He
Tamaño aproximado	60 x 30 x 80 mm	170 x 170 x 90 mm	No mayor de 350x350x250 mm/ Peso 1 a 3 kilogramos	350 x 350 x 1600 mm	400 x 400 x 1500 mm	400 x 400 x 1700 mm	110 x 135 x 660 mm	140 x 140 x 1000 mm
Elementos que disminuye en el ambiente o elimina	Bacteria Virus Esporas de moho Compuestos orgánicos volátiles (VOC) como formaldehído y benceno Polvo, polen y caspa Productos químicos gaseosos Materia particulada menor que 2,5 microns (PM2,5) Odor		Distribuye moléculas de ozono, Elimina olores. Inactiva virus. Mata bacterias, mohos y hongos	Virus Bacterias Hongos	Virus Bacterias Hongos	Virus Bacterias Hongos	Virus Bacterias Hongos	Virus Bacterias Hongos
Estudios de efectividad	SI (se adjuntan estudios)		Informes universidades japonesas, usa, Europa y américa latina. Controlado en bajas concentraciones , es beneficioso para la salud.	Efectividad biocida	Componente espectral	Extranjera	Extranjera	Pdte.
Nocividad	NO (se adjunta certificado de cero emisiones de ozono)		En altas concentraciones permite sanitizar efectivamente ambientes, siempre, sin presencia de personas.	Piel, vista, animales y plantas	Piel, vista, animales y plantas	Piel, vista, animales y plantas	sin restricción	sin restricción
Certificaciones	UL (se adjunta certificación)		Las certificaciones actualmente definen forma de fabricación, componentes y generación efectiva de ozono. En Chile aún no existe normativa para certificación.	No aplica en Chile	CESMEC	Importación	Importación	No aplica en Chile
Vida Útil	12 a 15 años (se adjunta)		El ozono en bajas concentraciones tiene una vida útil de 30 min, luego se convierte en oxígeno, de forma que oxigena el ambiente después de desinfectarlo.	Indefinido	Indefinido	Indefinido	Indefinido	Indefinido
Consumo Eléctrico	<1watt	<2 watt por set	Entre 60 a 100 Watts, para equipos de bajas concentraciones.	0,45 KWatts/He	no indica	no indica	0,22 KWatts/He	0,18 KWatts/He
Alimentación Eléctrica	208 -240V AC	.120V/230V AC	220 Volts/50 Hz	220 Volts/60 Hz	220 Volts/60 Hz	220 Volts 50/60 Hz	220 Volts 50/60 Hz	220 Volts 50/60 Hz
Frecuencia del mantenimiento y recambio de piezas móviles	No requiere mantenimiento y no tiene piezas móviles		Frecuencia de mantención 1 vez al año, recambio de piezas móviles, ventiladores pequeños.	9000 He	9000 He	8000 He	9000 He	9000 He
Precio estimado recambio piezas móviles ($)				400,000	sin información	sin información	sin información	120,000
Precio estimado de implementación x m2 climatizado	6,5 USD/M2 o 0,18 UF/M2	7,5 USD/M2 o 0,21 UF/M2	$2500 x m2					
Precio estimado de implementación x m2 desinfectado ($)				1,500	sin información	sin información	sin información	1,000
Precio estimado equipo ($)				1,800,000	16,000,000	US$15.000	sin información	230,000
Sistema de medición			Ambientalmente es medible ya que existen sensores capaces de discriminar desde 0,001 a 10 ppm.					
Sistema de control			Gracias a los sensores ambientales es posible controlar la generación y la concentración en ambientes,					
Otras aplicaciones			El ozono es utilizado para desinfección de aguas potables, aguas grises y aguas negras. Para controlar patógenos en superficies, estanques, pisos, murallas.					
			Además, puede controlar olores eficazmente					
Características				Equipo móvil con ruedas, opera por ciclos, actúa en superficies y ambientes, se puede trasladar para operar en distintos lugares	Equipo móvil con ruedas, opera por ciclos, actúa en superficies y ambientes, se puede trasladar para operar en distintos lugares	Equipo móvil con ruedas, opera por ciclos, actúa en superficies y ambientes, se puede trasladar para operar en distintos lugares	Equipo recirculado de aire que actúa sobre micro organismos presentes en el, uso continuo, no posee restricción ya que la luz UV-C no está expuesta	Equipo recirculador de aire que actúa sobre micro organismos presentes en el, uso continuo, no posee restricción ya que la luz UV-C no está

9.- CONCLUSIONES GENERALES

Hoy el mundo sufre las consecuencias de una pandemia donde todos los países, entre ellos nuestro Chile, se ven enfrentados a una crisis sanitaria que ha dejado de manifiesto las carencias del sistema de salud.

La salud es la necesidad básica que ha de ser satisfecha siendo un hecho el que los centros de salud no pueden dejar de funcionar y deben prestar los servicios habituales además de los generados por la existencia de una pandemia como lo han sido el Zika el 2015, el Dengue el 2019, el Ébola el 2020, el COVID19 el 2020 y sus mutaciones hasta el día de hoy.

Las estadísticas nos revelan los contagiados y los muertos por las pandemias y nada nos dicen de aquellos que por temor han dejado de asistir a sus asistencias habituales por el miedo de contagiarse al asistir al establecimiento de salud viéndose afectados indirectamente por la pandemia que por el miedo les hizo agravarse de sus enfermedades crónicas lo que sin embargo, a pesar de no ser contagiados por la pandemia, se les produjo un daño severo en su salud que en muchos casos los llevó a la muerte.

Si bien en Chile es un hecho que es necesario mejorar la atención primaria, los integrantes de la mesa de trabajo optamos por mirar al área de la ingeniería enfocándonos a la búsqueda e identificación de mejoras en los diseños futuros de los centros hospitalarios en Chile. Nos abocamos a identificar cómo en el corto plazo contar en Chile con hospitales que pudieran atender la pandemia sin dejar de prestar su habitual atención a los enfermos de otras patologías, generando la confianza a todos de tal forma que no se ponga en riesgo la salud ni la vida.

Con el estudio realizado junto a los expertos en las distintas especialidades hospitalarias que se integraron a la mesa, se logró establecer la forma de lograr que los hospitales futuros con un diseño que logre generar un hospital modular, buenas políticas de sanitización y un óptimo sistema de climatización que impida la propagación de las infecciones, se puede hasta duplicar la capacidad del hospital en cuanto a cantidad de camas sin dejar de prestar los servicios que habitualmente brinda a la comunidad.

Para lograr ello hemos trabajado la hipótesis: En modo pandemia, un recinto hospitalario puede convertirse en dos establecimientos prácticamente distintos y separados donde se da cumplimiento a la normativa vigente y se brinda los servicios de salud necesarios, que por motivo de costos comparte pabellones y los equipamientos caros. Para lograrlo en el diseño se deben contemplar las potencias eléctricas necesarias, las instalaciones

sanitarias y estos se dejarán diseñados con espacios modulares que al presentarse la pandemia solo se procede a armarlo,

Durante la búsqueda de respuestas a nuestras inquietudes nos encontramos con un proyecto de diseño avanzado en materia de reconversión de los centros hospitalarios en materia de ingeniería y arquitectura de las instalaciones, la circulación y la climatización, el que sus autores pusieron a disposición de la mesa para su análisis y perfeccionamiento, siendo así como llegamos a validarlo en la mesa de trabajo y a identificar las variables en materia de diseño y construcción a mejorar, las medidas a implementar en materia de climatización y de sanitización; todas ellas contenidas en las recomendaciones y sugerencias indicadas en el punto anterior.

El proyecto mencionado se resume en el ANEXO N°1 de este trabajo y a nuestro parecer supera al de los hospitales modulares que se importaron este último tiempo en Chile, dado que este nuevo planteamiento al implementarlo con el diseño sugerido en los nuevos hospitales se estima darán mejor cumplimiento a la normativa sanitaria. A nuestro parecer los hospitales modulares importados para Chile en este último tiempo adolecen de un sistema de climatización hospitalario adecuado y solo cumplen con la condición de aislar donde los servicios que deben interactuar no están integrados, haciendo necesario salir del recinto hospitalario habitual para ingresar al modular quedando expuesto el personal de salud y los pacientes a los riesgos de contagio asociados. El diseño propuesto tiene implementado los flujos de tal forma que no se contaminen unos con otros, se conectan los espacios internamente a través de ascensores y pasillos climatizados que se ponen a funcionar solo cuando realmente se necesite, permaneciendo mientras no hay pandemia como estacionamientos o subterráneos.

Hoy sabemos que la contaminación en una pandemia se transmite vía aérea, quedando en evidencia que es el sistema de climatización el más relevante y estratégico en los recintos de salud. Hoy hemos comprobado que si se maneja adecuadamente la climatización en los establecimientos hospitalarios se mantendrá el aire limpio y se mantendrá controlada la contaminación.

Ha sido grande nuestra sorpresa al encontrarnos con que no existe en la ingeniería civil la especialidad de climatización y que para abordar el tema la actualidad se está ofreciendo en Chile el trabajo a especialidades que no son los más preparados en el área. Hoy los profesionales que han podido desempeñarse adecuadamente y ser un real aporte en el tema, son los expertos en climatización hospitalaria siendo en su mayoría Ingenieros de Ejecución en calefacción, refrigeración en aire acondicionado.

Hoy dado que los proyectos de hospitales son de mediano o largo plazo y en el Colegio de Ingenieros de Chile AG. no hay Consejo de Especialidades en el área de Salud, se propone al Consejo Nacional considerar la conveniencia de considerar el tema y buscar la forma de captar el interés de los colegiados y/o de otros grupos de interés, generando en el Colegio una Comisión Transitoria o Permanente que trabaje los temas de infraestructura en Salud; canalizando de esa forma desde el Colegio la mirada de la ingeniería en infraestructura y tecnología del área salud para el país y los grupos de interés.

En el trabajo identificamos, además de las soluciones en materia de diseño y climatización que se indican en las páginas anteriores, las formas de higienizar, sanitizar y los instrumentos que existen en el mercado para realizar dicha acción en los centros hospitalarios. Además de identificar los procesos biológicos y químicos para sanitizar los establecimientos hospitalarios y/o de salud, hemos concluido que no existe uno mejor que los otros siendo recomendable aplicar a lo menos dos a la vez, y cuál elegir dependerá del lugar donde se trabajará; siendo necesario seguir profundizando en la investigación y desarrollo en el área.

Se pudieron detectar también mejoras que se requieren analizar en otras especialidades y en señalética. Algunas de ellas de fácil aplicación y otras que se necesitan seguir investigando para poder generar con ello nuevas oportunidades de mejoras con la aplicación de la ingeniería.

Sin duda hemos sido desafiados por la pandemia y no podemos permanecer indiferentes ante ello. Hoy agradecemos la buena disposición de cada uno de los profesionales y expertos que nos brindaron su tiempo y su fe en que el trabajo realizado se plasmará en un futuro cercano en un aporte al área de centros hospitalarios de nuestro Chile, como también al Colegio de Ingenieros de Chile AG por proporcionarnos la oportunidad de trabajar en alianza un tema tan relevante para la población y el país.

9.1HOJA DE RUTA DE POSIBLES SOLUCIONES

Los integrantes de la mesa sugieren seguir el siguiente plan de implementación de soluciones al Consejo Nacional del Colegio de Ingenieros de Chile AG que ha motivado su formación y trabajo, dado que considera la realidad nacional post pandemia y por estimarlo razonable para lograr las brechas detectadas en la materia.

9.2PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE SOLUCIONES

9.2.1Etapa de entrega

1) Entregar el trabajo de la mesa al Consejo Nacional, en las instancias definidas para ello, a fin de que se pronuncie al respecto.
2) Trabajar en paralelo la gestación de las autoridades para lograr que Consejo Nacional del Colegio de Ingenieros se pronuncie pronto sobre nuestro trabajo, de modo que tengamos la aprobación para poder difundirlo próximos Congresos de Infraestructura Hospitalaria, invitados a dar a conocer el trabajo.

9.2.2Etapa de difusión

1) Lograr que la difusión se realice por el Colegio y la presentación del trabajo en las áreas pertinentes del MINSAL, MOP y Ministerio de Desarrollo, en el corto plazo. En paralelo crear la Comisión propuesta en el Colegio de Ingenieros de Chile AG.
2) Realizar un conversatorio en el Colegio de Ingenieros para dar a conocer el resultado del trabajo; a quienes participaron en el desarrollo del trabajo, a los Colegiados y a la comunidad de profesionales del área. Considerar trabajar en esta etapa con AARQHOS y otras instituciones.
3) Establecer convenios con las Universidades para que estas incorporen la temática del informe como tema de Memoria, grado y/o post grado para las carreras de ingeniería según la especialidad.
4) Encontrar la forma de que este informe se difunda a profesionales y organizaciones del área de la salud tales como SOCCAS, Asociación de Clínicas, Cámara Chilena de la Construcción, Sociedad de Empresas Concesionarias y otras similares.

9.2.3Etapa de seguimiento

1) Revisar cuales recomendaciones se transformaron en normas o en recomendaciones.
2) Revisa el cumplimiento de estas nuevas normas en base a encuestas al personal del MINSAL, MOP, Servicios de Salud y Hospitales.
3) Revisar el efecto en los costos de operación de las mejoras en infraestructura y tecnología.
4) Elaborar informe del seguimiento y control.

5) Buscar la forma de conocer la opinión de los distintos actores que participan el tema para detectar la realidad en las regiones, dirigiendo consulta en forma específica a los jefes de recursos físicos de los hospitales, de los SESCOV, detectar qué de lo sugerido es factible implementarlo y qué no se podría implementar dada la realidad actual.

Noviembre 2020, Santiago de Chile.

ANEXOS INFORME FINAL MESA N°19

ANEXO N°1: CRITERIOS DE DISEÑO - HOSPITAL EN PANDEMIA

AUTORES:

Alejandro Suárez Jansson

Arquitecto U. de Chile

Julio Rojas Sieveking

Ingeniero Ejec. Mecánico USACH

28 de agosto 2020, Santiago de Chile

Nota: Ver página siguiente.

ANEXO N°2: NORMA ESPAÑOLA UNE 0068.

10.3; ANEXO N°3: ESTUDIO EFECTIVIDAD BACTERICIDA LAMPARA MODELO LUV-20 - 6 TUBOS NOVA SEGURITY SPA (2)

ANEXO N°4: Price OR Systems AIR CURTAIN SYSTEM

ANEXO N°5: Norma ASHRAE:

11.- GLOSARIO.

Luz UV-C: Luz ultravioleta del tipo C, radiación electromagnética germicida no ionizante que naturalmente proviene del sol.

Patógenos: Agentes infecciosos que provocan enfermedades. Virus, bacterias, hongos, entre otros.

SARS-CoV-2: Virus perteneciente a la familia de los coronavirus capaz de generar en humanos un sindrome respiratorio agudo severo.

Nanómetro: unidad de longitud del Sistema Internacional ($1x\ 10^{-6}$ m)

ADN: Acido Desoxirribonucleico, estructura molecular de cadena doble formada por nucleótidos que poseen la información genética de todos los seres vivos, tanto en células eucariontes como procariontes

ARN: Acido Ribonucleico, estructura molecular de cadena simpe formada por nucleótidos.

Nucleótidos: Estructuras químicas fundamentales formadas por un azucar una base nitrogenada y un grupo fosfato. Las bases nitrogenadas pueden ser timina, adenina, guanina, citosina y uracilo.

mJ/cm^2: mili Joules por centímetro cuadrado (energía por unidad de área)

Serpentín: Tubo frecuentemente en forma de espiral, se instala en los sistemas HVAC para enfriar vapores o aire caliente, por lo general utilizan agua fría en su interior para bajar la temperatura, suelen ser de cobre y aluminio.

HVAC: Heating – Ventilation - Air Conditioning (HVAC en español es Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado). Sistema para controlar humedad, temperatura, ventilación y calidad del aire de grandes instalaciones.

LUV-20: Equipos de desinfección germicida del tipo móvil que utiliza lámparas UV-C.

NEW AIR: Equipo recirculador/purificador de aire estático que utiliza lámparas UV-C.

Listeria: Bacteria Gramm + del tipo bacilo, regulares no esporulados, comúnmente esta presente en alimentos que perdieron la cadena de frio, esta bacteria produce Listerioris.

Pseudomonas: Bacteria Gramm – del tipo bacilo, presente comúnmente en aguas residuales, al contacto con humanos puede provocar infecciones auditivas, oculares y pulmonares.

Inóculo: Término colectivo para referirse a los microorganismos o sus partes (esporas, fragmentos miceliales, etc.) capaces de provocar infección o simbiosis cuando se transfieren a un huésped. El término también se usa para referirse a los organismos simbióticos o patógenos transferidos por cultivo.

Bacteria Gramm + y Gramm -: Familia de bacterias que permiten su caracterización morfológica básica mediante una tinción diferencial utilizada en microbiología. Su diferencia radica principalmente en las estructuras químicas de envoltura celular.

Radiómetro: Equipo manual utilizado para medir intensidad de energía radiante, se utiliza para cuantificar la luz que esta fuera del espectro visible, por ejemplo: Ultravioleta e Infrarroja.

Fotoquímica: Rama de la química que estudia las interacciones entre la materia (a nivel atómico y molecular) y la luz, un ejemplo de reacción fotoquímica es la fotosíntesis.

Staphylococcus aureus: Bacteria anaerobia Gramm +, puede producir una gran cantidad de enfermedades infecciosas cutáneas y de las mucosas, principal causante de infecciones nosocomiales u hospitalarias.

Clostridium Difficile: Bacteria del tipo bacilo Gramm +, anaerobio estricto, capaz de generar esporas, y el principal agente responsable de las diarreas infecciosas asociada a la atención de salud en adultos.

Esporas: Estructuras que contiene el material genético de la bacteria y que resisten largos periodos sin agua ni nutrimentos, en condiciones de calor o frío extremo. Método de supervivencia de las bacterias cuando se agotan los alimentos favorecidos.

Propiedades Organolépticas: Descripción de las características físicas de la materia en general, según los puedan percibir los sentidos, ejemplo: color, sabor, textura, temperatura y olor.

Filtro HEPA: Filtros compuesto por una malla de fibras, generalmente de vidrio dispuestos al azar, puede retener contaminantes hasta 0,3 micrones de diámetro.

ASHRAE: Sociedad Estadounidense de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado

Norovirus: Virus que puede afectar los intestinos y estómago, causante de gastroenteritis, fiebre, escalofríos y dolor de cabeza.

Microtoxinas: metabolitos tóxicos producidos por hongos filamentosos que aparecen de forma natural en productos agroalimentarios en todo el mundo.

MRSA: Staphylococcus Aureus resistente a la meticilina (meticila/antibiótico).

Aspergillus: Genero ampliamente distribuido de alrededor de 600 hongos que se clasifican en dos formas morfológicas, levaduras y las hifas. Este produce Aspergilosis pulmonar.

Biofilm: comunidades de microorganismos que crecen embebidos en una matriz de exopolisacáridos y adheridos a una superficie inerte o un tejido vivo.

UFC/cm^2 x 1000: Unidades formadoras de colonia por centímetro cuadrado por mil, unidad para expresar la concentración de microorganismos presentes en superficies.