

ENTREGA FINAL PROYECTO DE GRADO

MAGISTER EN EPIDEMIOLOGÍA CLÍNICA

FECHA: 6 DE ENERO DE 2023

TITULO DEL PROYECTO

Impacto en el tiempo de respuesta georreferenciada de atención prehospitalaria SAMU al incorporar aspectos sociodemográficos, clínicos y logísticos en la población de Antofagasta y Coquimbo



RESUMEN

El Servicio de Atención Médica de Urgencias (SAMU) es una institución dependiente del ministerio de salud encargado de responder a emergencias médicas y brindar atención prehospitalaria. El tiempo de respuesta (TR) corresponde al tiempo transcurrido entre la llamada o activación de la urgencia hasta la llegada del personal al lugar, siendo dependiente de diferentes variables. Se ha evidenciado que a menores tiempos de respuesta existen mejores resultados en condiciones graves, tales como enfermedades cardiovasculares, accidentes de tránsito y trauma por armas. Parte de estas variables han sido analizadas a través de modelos de georreferenciación, buscando a través de una aplicación web, optimizar la distribución física de bases SAMU en lugares con mayor demanda de llamados.

El objetivo general es evaluar el impacto en los TR tras incorporar variables sociodemográficas, clínicas y logísticas al modelo matemático de una aplicación de planificación web.

Nuestra hipótesis es que la incorporación de factores sociodemográficos, clínicos y logísticos al modelo matemático descrito disminuirá los TR en las patologías tiempo dependientes y tiempo independientes del SAMU de Antofagasta y Coquimbo.

Se realizará un estudio observacional bidireccional con una fase retrospectiva preliminar basada en todas las llamadas al SAMU en Antofagasta y Coquimbo entre Enero de 2019 y Diciembre de 2021 que se tradujeron en una atención prehospitalaria. Posteriormente se registrarán variables sociodemográficas, clínicas y logísticas, incluido el TR obtenido mediante GPS. Luego se realizará la integración de dichas variables al modelo existente, se generarán simulaciones y se ejecutará un plan piloto con el modelo modificado al incluir dichas variables, comparando el TR con y sin su incorporación.

La aplicación web optimizada permitirá mejorar los TR en función de diferentes esferas de la atención prehospitalaria. La infraestructura requerida se dispone en la actualidad, siendo de fácil integración y bajo costo de montaje, permitiendo además la estandarización de registros y atención del SAMU en las regiones de Antofagasta y Coquimbo.



1. RELEVANCIA, PLANTEAMIENTO Y SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

1.1. RELEVANCIA DEL TEMA Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La atención prehospitalaria es un componente esencial en el marco de diferentes condiciones de salud de las personas. Su desarrollo data del siglo XV en Europa, ligada a conflictos bélicos. Las primeras atenciones civiles datan del año 1832 en Londres para trasladar pacientes con cólera, mientras que la primera ambulancia en brindar una atención civil bajo un esquema sistematizado fue puesta en marcha en Cincinnati, Estados Unidos, en el año 1865 y a los pocos años fue creada la St John Brigade Ambulance. De esa manera, durante el siglo XX junto con el auge del manejo del paro cardiorespiratorio y otras emergencias basadas en la escena, se dio lugar a los sistemas nacionales de respuestas a emergencias en diferentes lugares del mundo.

En Chile, el Sistema de Atención Médica de Urgencias (SAMU) fue creado formalmente en 1994 tras la modernización del Sistema de Urgencias y Ambulancias previamente existente bajo influencias del esquema francés de ese momento. Actualmente, depende de los Servicios de Salud y tiene como misión entregar atención prehospitalaria oportuna, de acceso universal y de calidad, para disminuir la morbilidad y mortalidad de la población atendida. El SAMU atiende a todas las personas que lo solicitan, independiente de su previsión de salud o ubicación geográfica, siendo el principal proveedor de atención prehospitalaria (APH) en Chile. Pese a que el SAMU tiene una cobertura universal, sus principales usuarios son aquella población que no tiene otro medio de transporte al que acudir, es decir aquellos con menor nivel socioeconómico, sin previsión de salud o que pertenecen al Fondo Nacional de Salud (FONASA), con menor acceso a los servicios de salud, o con enfermedades más graves que no les permite trasladarse por sus medios, dejando fuera además a pacientes que viven en zonas extremas o de difícil acceso.

Uno de los indicadores de calidad y oportunidad de la atención que se utilizan para evaluar el servicio entregado por la APH es el tiempo de respuesta (TR), que corresponde al tiempo transcurrido entre el procesamiento de la llamada, tiempo de ensamblaje del equipo y tiempo de viaje hasta la escena, finalizando cuando el personal de rescate toma contacto con el paciente (1). Este indicador depende, no solo de factores involucrados directamente dentro del intervalo de tiempo medido, como el tiempo de despacho o el de traslado de la ambulancia, sino que también está influido por la flota disponible, su ubicación, la ubicación emergencia que genera la llamada, la disponibilidad de la tripulación adecuada para la gravedad de la emergencia, el tráfico vehicular, las condiciones climáticas de la ruta, el tiempo de espera de los servicios de urgencia que recibirán al paciente, como el tiempo que requiere el equipo de la ambulancia para quedar disponible para responder una nueva llamada de emergencia (2).

La literatura muestra que a menor TR mejores resultados en salud para emergencias tiempo dependientes como lo son el Paro Cardiorespiratorio (PCR), infarto agudo al miocardio (IAM), el accidente cerebrovascular (ACV), el trauma o traumatismo y el paro cardiorrespiratorio (PCR) (3–5). Todas enfermedades con Garantías Explícitas en Salud (GES) (6) y parte de la estrategia sanitaria 2022-2030 de Chile (7), además de ser parte de las principales causas de morbilidad y mortalidad en el país (8)



En el mundo existe discusión sobre la meta para un sistema óptimo de APH, pero se sugiere un TR entre 9 y 11 minutos (9). En Inglaterra las emergencias deben ser atendidas en un tiempo menor a 8 minutos en el 75% de los casos (10). En Estados Unidos no existe una ley federal que indique estándares en relación con el TR. No obstante, los estándares se acuerdan de forma contractual entre los servicios privados de ambulancias y los gobiernos locales, algunos de estos acuerdos establecen un TR menor a 8 minutos en el 90% de los casos (11). En Ontario, Canadá, existe una legislación que obliga a los municipios a establecer su propio objetivo (12). En cuanto al cumplimiento de las metas propuestas, más de un tercio de las llamadas en Estados Unidos no cumplen la marca de 11 minutos, y aproximadamente la mitad no cumple la marca de 15 minutos (13) y el percentil 90 de TR y traslado tiene retrasos significativos de hasta 25 minutos. En Reino Unido a octubre del 2022 el TR promedio de emergencias de riesgo vital fue de casi 10 minutos, y el percentil 90 fue de casi 18 minutos (14). Por lo que se continúa investigando sobre la mejor forma de optimizar este tiempo y llegar a las metas propuestas.

En Chile, el SAMU tiene como objetivo llegar al 95% de las llamadas tiempo dependientes antes de los 8 minutos en zonas urbanas y entre 60 y 90 minutos en zonas rurales (15). Reportes previos de la región de Antofagasta mostraron que lo anterior solo se cumple en un 67% de los casos (16), y en la región Metropolitana, el 2015, el TR oscilaba entre 27 y 35 minutos, duplicándose para los llamados por enfermedades no tiempo dependientes (17). Probablemente estos indicadores son poco precisos, debido a que el SAMU en Chile es altamente heterogéneo, cada centro regulador gestiona su forma de funcionamiento en conjunto con el servicio de salud del que depende, no tiene un sistema nacional de registro, ni flujo de llamadas, no se usa un sistema de registro de tiempo automatizado ni estandarizado, y las llamadas se clasifican según el criterio del operador que las responde.



1.2. SOLUCIÓN

Al evaluar la relación de diferentes factores en las esferas ya descritas con los TR será posible desarrollar modelos que permitan ponderar diferentes aspectos en el marco de un proceso optimizado para brindar el menor TR posible. Muchos de los factores logísticos son conocidos en Chile (mas no analizados), no así aquellos sociodemográficos de forma extendida ni tampoco clínicos que pudieran ser utilizados de una forma mucho más costo-efectiva.

El desarrollo de modelos que integren factores clínicos permite directamente optimizar el proceso de categorización (*triage*), identificando precozmente aquellas situaciones que requieran esfuerzos adicionales para mejorar la capacidad de respuesta (18). En otros lugares del mundo se han realizado diferentes desarrollos, como uso de inteligencia artificial (19,20), así como sub-sistemas de respuesta tanto para llamadas de baja o alta complejidad como tipo de necesidad médica (21).

Otra intervención es el análisis de los usuarios que frecuentemente activen una emergencia desde un enfoque multidisciplinario. Si bien no existe evidencia científica que este tipo de intervenciones mejore el uso del sistema, la identificación de estos casos abre puertas para desarrollo de futuras investigaciones que permitan adecuar el enfrentamiento específico de estas situaciones.

Lo anterior puede llevar al fortalecimiento de centros reguladores, cobertura de personal, instauración de vigilancia, apoyo y manejo de patologías de salud mental, así como mejoría de capacidad de procesamiento de datos y respuesta a llamados, buscando que el 99% de los mismos sean contestados antes de 10 segundos.

Otro de los determinantes principales del TR es la ubicación de las bases SAMU, para lo cual el uso de modelos matemáticos basados en la demanda permite su optimización, tal como se observó en el proyecto FONDEF 2019 “Reducción del tiempo de respuesta de ambulancias SAMU en las regiones de Antofagasta y Coquimbo” (Código: ID19I10257).

En países de medianos y bajos ingresos existen sistemas de emergencias médicas descentralizados que involucran organizaciones semi-gubernamentales y no-gubernamentales, generando que el uso de recursos sea ineficiente. En India, se evaluó la aplicación del modelo que integró todos los dispositivos EMS disponibles incluyendo aquellos subcontratados (como taxis, vans, etc) utilizando una aproximación heurística de dos peldaños y diferentes sistemas de ML, evidenciando una mejora de 42% en el tiempo de asignación de vehículo, 54% en el tiempo de viaje de la base a la escena, 27.9% en el tiempo de viaje de la escena al hospital y del 62% del TR en áreas urbanas (22).

Hoy en día los distintos SAMU están desarrollando sus propias formas de registro y digitalización de la información obtenida de las llamadas, como también gestión de las llamadas el cual realiza el centro regulador y el despacho de ambulancias que en general lo realiza el mismo centro regulador con un “despachador”, lo cual se podría tomar como dos funciones interdependientes,



pero que no necesariamente debe realizar aquel que contesta la llamada de emergencia. Esto se evidencia al no existir una estandarización de triage de las emergencias que generan las llamadas a SAMU, o cual hace que no exista posible comparación entre los distintos SAMU existentes en el país en este punto crucial en su gestión de las llamadas. Por otra parte no existen definiciones o criterios transversales en el trato de la información que se le solicita a los que realizan el llamado a los SAMU, ni plataforma o forma de funcionar del centro regulador, como también la forma en que se designa la complejidad de ambulancia, “centro de despacho” (dada por personal que tripula la ambulancia como el equipamiento de la ambulancia y la base que se activará) que dará respuesta a la llamada de emergencia lo cual se requiere como un mínimo para permitir comparar los funcionamientos, gestionar y planificar de forma transparente cada uno de los SAMU. Todo lo anteriormente expuesto dificulta la posterior identificación de forma clara los nudos en el proceso de la APH y realizar intervenciones para solucionarlos. Esto además genera duplicidad de esfuerzos para cumplir los mismos objetivos, así como tiempo y recursos económicos invertidos.

De tal manera que logrando el mejor modelo posible con datos de la población regional e integrarlo a una aplicación de gestión web, es posible alcanzar la meta ideal de lograr un sistema de respuesta a emergencias integrado inicialmente en dos regiones, con potencial escalable a nivel nacional, que funcione bajo un único sistema de procesamiento y buscando los menores TR acorde a los objetivos sanitarios en la Estrategia Nacional de Salud y en las Garantías Explícitas, además de los impactos propios de cada patología en la sobrevida y calidad de vida.



1.3. ANÁLISIS DEL ESTADO DEL ARTE

Las enfermedades cardiovasculares, como el IAM y el ACV, continúan siendo de las principales causas de muerte en Chile, generando un 25,6% de las muertes el 2019 (8), con además una alta morbilidad por secuelas funcionales graves, siendo la tercera causa de años de vida saludables perdidos, pese a que tienen tratamientos efectivos que disminuyen su morbilidad al ser realizados a tiempo (23,24). Parte del problema es la dificultad en el acceso al tratamiento, que pese a estar ampliamente disponible, muchos no pueden acceder a tiempo por el retraso en la consulta, lo que es concordante con la relación entre los TR y los mejores resultados en salud para estas emergencias que son tiempo dependientes (3–5). También sabemos que estas enfermedades no afectan a toda la población de igual manera, sino que, aquellos grupos de menores ingresos, diferente distribución étnica, menor nivel educacional y de zona rurales, se comportan como subgrupos de alto riesgo (25), reflejando la inequidad en salud existente en Chile, por lo que optimizar los TR contribuirá a acortar la brecha de inequidad existente.

Por otro lado, el 7,4% de las muertes durante el 2019 se atribuyeron a causas externas (8), las que incluyen las heridas por arma blanca y de fuego y los accidentes de tránsito, entre otros, enfermedades que están incluidos dentro de los traumatismos y son una de las principales causas de muerte en población infantil (26) y laboralmente activa (27), y que también tienen intervenciones que, si son realizadas a tiempo, pueden mejorar la morbilidad asociada (28). Estos traumatismos también se ven afectados por los TR, sobre todo aquellos graves que no pueden trasladarse de otra forma a un centro asistencial, por lo que su optimización mejora los resultados en salud de estas personas (3–5). Además, los traumatismos también se distribuyen con inequidad en la población, afectando de mayor y peor manera a aquellos con menor nivel educacional y socioeconómico (29,30), por lo que optimizar los TR también contribuirá a acortar la brecha en estas enfermedades.

Para optimizar los TR se deben identificar los factores que lo afectan, los que son de diferente índole y pertenecen a diversos aspectos de la atención prehospitalaria (1,2), siendo posible clasificarlos en sociodemográficos, clínicos y logísticos:

1. Los factores sociodemográficos hacen referencia a todas aquellas situaciones y variables en el individuo y el ambiente donde vive, tales como la edad, sexo, vivienda rural o urbana, ocupación, etc. Los pacientes en zonas rurales TR y traslado mayores respecto a pacientes en zonas urbanas frente a sospecha de un IAM (13). En la misma línea, mujeres y ancianos que requieran un electrocardiograma y un acceso venoso periférico se asocian de forma independiente a exceder los TR ideales a nivel mundial (9). De forma independiente, el género parece tener efecto en el TR (2). El análisis de datos del Emergency Medical Service (EMS) reveló que el TR tanto del promedio como de patologías tiempo-dependiente aumentan con la edad (11). La curva de dependencia tiene una forma exponencial, con la aceleración desde los 65 años, por lo que con cada década en edad el odds ajustado para exceder el tiempo recomendado aumenta un 21% (3).



2. Los factores clínicos corresponden tanto a los antecedentes médicos que un individuo posea, como aspectos clínicos de la emergencia, el cuadro clínico de lo ocurrido, signos vitales, hallazgos de exámenes prehospitales (ej. electrocardiograma o escala de Glasgow), necesidad de realización de procedimientos en la escena (ej. intubación orotraqueal), etc. Lo que también influye en el TR porque requiere de recursos particulares y define el tiempo en la escena que mantiene a la ambulancia no disponible para otro procedimiento.
3. Los factores logísticos son todas aquellas variables que afectan el proceso de desarrollo de la respuesta a la emergencia, pudiendo subclasificarse en ambientales (clima del día o estación del año), temporales (hora del día, fecha), viales (condición del tráfico, lugar de la emergencia, uso de luces/sirenas), laborales (carga laboral la hora previa de la llamada, TR a la llamada, distancia de la base al lugar de emergencia, disponibilidad de ambulancias, triage o categorización, algoritmos de conducta, etc). La distancia y el tipo de localización, como en escuelas, supermercados y centros comerciales, los TR son mayores (1) (2). Se ha reportado que los TR en IAM y ACV son mayores en otoño y verano (3). El clima lluvioso y la condición de tráfico afectan los TR en los traumatismo, al igual que el lugar de ocurrencia (31).

Independiente del país, región o tiempo en el que los factores que afectan de forma directa o indirecta los TR intentan ser identificados y conectados, todos comparten la propiedad que las interacciones son complejas, confusas y con un alto nivel de interacción, lo que dificulta la generación de modelos que ponderen de forma efectiva y extrapolable cada factor en términos de predecir u optimizar el funcionamiento del despacho de ambulancias, siendo de importancia la inclusión de nuevas tecnologías como el modelado matemático y el uso de *Machine Learning* (ML) para estos fines (32), aplicados sobre datos estandarizados y confiables.

Dentro de los modelos con objetivo de cobertura y TR que buscan estudiar la reubicación de las bases y su funcionamiento, el modelo *Hierarchical* (tipo de regresión logística basada en medianas) logró el menor TR junto con el mayor porcentaje de respuestas respondidas antes de 15 minutos y el menor TR para pacientes de alta prioridad (11)

Otra forma de optimizar los TR es realizando simulación de eventos discretos, orientando también a la redistribución de bases (18). En el artículo de Wei Lam et al, realizaron simulación con reubicación de ambulancias, adición de ambulancias nuevas y cambios en la forma de despachar ambulancias, observando que el cambio en el modelo de despacho mejora los TR de forma equivalente a agregar 10 ambulancias a la red, tal como se muestra en la siguiente figura:

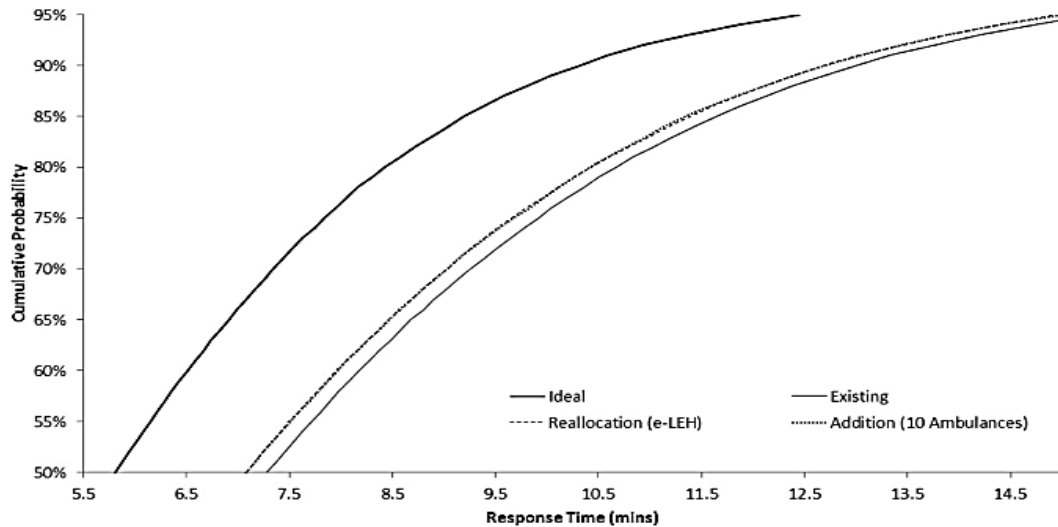


Figura 1. Representación de la probabilidad acumulada y su distribución para el escenario ideal, reubicación de las ambulancias y bases (e-LEH), lo existente y en el caso de agregar 10 nuevas ambulancias a lo existente. La probabilidad acumulada reubicando bases y agregar 10 nuevas ambulancias es igual. Extraído de Wei Lam et al, 2016.

La predicción de la demanda de ambulancias también juega un rol clave en los TR y planificación del uso de recursos. Lo anterior es complejo dado su naturaleza multinatural (33), generando un sistema dinámico no lineal. Dado que el cúmulo de la información anterior puede ser muy difícil y complejo de procesar, los sistemas de ML pueden ser útiles para extraer elementos que permitan predecir la demanda de ambulancias. ML es útil dada su capacidad de modelar patrones complejos de datos, evidenciándose su utilidad en predecir la hospitalización en urgencias, mortalidad post quirúrgica y admisión a Unidades de Cuidados Intensivos (UCI). De las técnicas comparadas, la con mejor rendimiento fue *Light Gradient Boosting Machine* (lightGBM), que al ser utilizado en clusters basados en la geografía puede aumentar el rendimiento (22).



2. COMPONENTE CIENTÍFICO, METODOLOGÍA, ÉTICA Y PLANIFICACIÓN

2.1. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN e HIPÓTESIS O SUPUESTOS DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es el impacto del uso de un modelo matemático que incorpore factores sociodemográficos, clínicos y logísticos a través de una aplicación web en el tiempo de respuesta de ambulancias SAMU en Antofagasta y Coquimbo?

Análisis FINER:

- **Factible:** Se tiene acceso a la base de datos del SAMU en dichas ciudades, además con el interés de participación y experiencia en proyectos similares previos. También con la determinación de los TR mediante GPS, así como los medios tecnológicos y humanos para ello
- **Interesante:** Los tiempos de respuesta están directamente asociados al resultado de las patologías graves, tales como enfermedades cardiovasculares, accidentes de tránsito y traumas por armas, entre otros. Además, el TR va de la mano con garantías explícitas, y se encuentra en el marco de la Estrategia Nacional de salud 2022-2030.
- **Novedosa:** La georreferencia es una tecnología aplicada ampliamente en aplicaciones portátiles de asistencia en ruta, mas no masivamente en los servicios de atención prehospitalaria. Junto con lo anterior, el poder identificar variables que influyan en los tiempos de respuesta permitirá ajustar los modelos de atención actuales enfocados al abordaje de ellas.
- **Ética:** El proyecto será presentado al comité de ética de la Universidad de Los Andes y contará con el respaldo del consentimiento informado para cada caso a utilizar en el estudio.
- **Relevante:** El SAMU es el principal proveedor de atención prehospitalaria del país, por lo que la búsqueda de mejoría de los tiempos de respuesta son el eje de diferentes esfuerzos. En este sentido, este modelo permitirá definir variables que se podrían traducir en cambios en la forma de llevar a cabo este tipo de atención.

HIPÓTESIS

La incorporación de la edad, sexo, tipo de vivienda, lugar de atención de la urgencia, tipo de emergencia (tiempo dependiente o independiente), carga de trabajo la hora previa del equipo, clima, fecha y hora de atención, distancia, diagnóstico prehospitalario, tipo de ambulancia y disponibilidad de ambulancias la hora previa al modelo matemático de una aplicación web disminuirá los tiempos de respuesta en las patologías tiempo dependientes y tiempo independientes del SAMU de Antofagasta y Coquimbo.

De forma secundaria, estimamos que una reducción en los tiempos de respuesta se reflejará en una reducción de la mortalidad en las patologías tiempo dependiente.



2.2. OBJETIVOS

2.2.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el impacto tras incorporar factores clínicos, sociodemográficos y logísticos a una aplicación web en los tiempos de respuesta del SAMU en Antofagasta y Coquimbo.

2.2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Generar un modelo que pondere la relación de los diferentes factores con el tiempo de respuesta, permitiendo establecer adaptaciones a las estrategias ya existentes a la atención prehospitalaria.
2. Analizar la relación entre los factores clínicos, logísticos y sociodemográficos con la mortalidad en los pacientes que requirieron manejo en centros hospitalarios.
3. Describir la atención prehospitalaria realizada por el SAMU en las ciudades de Antofagasta y Coquimbo



3.1. METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTOS

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Para responder la pregunta de investigación se realizará un estudio observacional de tipo cohorte bidireccional.

La primera fase será de tipo retrospectiva, permitiendo crear y comparar diferentes grupos en función de exposición a determinadas condiciones y evaluar su relación con una variable respuesta en una población de interés, en un momento pasado (lo que a su vez permite describir la atención prehospitalaria en dichas zonas en el momento indicado). En términos prácticos permite su ejecución en un tiempo menor, así como bajo un menor costo.

Además, otra ventaja de los estudios retrospectivos es su carácter exploratorio, permitiendo evaluar la hipótesis sobre una muestra ya recolectada, permitiendo el desarrollo y ajuste de protocolos y proyectos basados sobre un comportamiento poblacional previo

Los datos a utilizar en esta fase serán todas las llamadas contestadas por el centro regulador del SAMU entre enero de 2019 y diciembre de 2021 en Antofagasta y Coquimbo que generaron una APH.

Posterior a la fase retrospectiva se realizará la fase prospectiva, basada y ajustada en los hallazgos previos, registrando todas las llamadas al SAMU de Antofagasta y Coquimbo a contar del inicio de la misma. Este diseño permitirá estimar varias exposiciones, ocurrencia de eventos (por ejemplo, fallecimiento u hospitalizaciones) y la observación del efecto de una exposición en distintos subgrupos.

DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN DEL ESTUDIO

En Anexo I.

CRITERIOS DE INCLUSIÓN

- Llamadas realizadas desde Antofagasta y Coquimbo que generaron una atención prehospitalaria mediada por ambulancia
- Casos georeferenciados
- Llamadas realizadas para atención prehospitalaria
- Generación o activación de protocolo de respuesta

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- Llamadas que no gatillaron una atención prehospitalaria
- Llamadas cuyo objetivo fue el traslado entre centros asistenciales
- Rechazo de participación



PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la fase retrospectiva se utilizará una base de datos confeccionada con todas las llamadas recibidas por el SAMU a la línea 131 en las ciudades de Antofagasta y Coquimbo entre enero de 2019 y diciembre de 2021, correspondiente a la población diana del estudio.

Para la fase prospectiva se confeccionará una base de datos con las variables de interés de todas las llamadas que ingresen al SAMU que cumplan los criterios de inclusión y exclusión del estudio, ajustadas una vez depurada la información anterior.

La información provendrá de todas las llamadas que hayan sido contestadas por el Centro Regulador del SAMU que cumplan con los criterios de inclusión y exclusión.

En este estudio no se requieren técnicas de muestreo dado que se abarcará la población diana completa en una ventana de tiempo.

DEFINICIÓN DE VARIABLES

Variable respuesta: Tiempo de respuesta (TR), definida como el tiempo transcurrido (en minutos) desde que se contesta la llamada hasta que llega el personal de salud donde se encuentre el paciente (escena).

Otras variables agrupadas en factores según su definición (Sociodemográfico: SD, Clínico: CL, Logístico: LOG)

Variable	Tipo	Unidad de medida	Definición	Tipo de factor
Edad	Cuantitativa discreta	años	Edad del usuario	SD
Sexo	Cualitativa dicotómica	-	Sexo del usuario	SD
Vivienda	Cualitativa Ordinal	-	Tipo de vivienda del usuario (Urbana, Rural, Otro)	SD



Diagnóstico Prehospitalario	Cualitativa Ordinal	-	Clasificación del diagnóstico de la atención (PCR, Cardiológico, Neurológico, Respiratorio, Trauma, Quemadura, COVID-19, G-O, Otros)	CL
Triage	Cualitativa Ordinal	-	Categorización de la llamada (Sistema del National Health Service)	CL
Clima	Cualitativa Ordinal	-	Clima el día de emergencia (Despejado, Nublado, Lluvia)	LOG
Hora			Hora del despacho	LOG
Fecha			Fecha del despacho	LOG
Tiempo de respuesta	Cuantitativa continua	minutos	Tiempo entre el despacho y la llegada a la escena vía GPS	LOG
Lugar de atención Prehospitalaria	Cualitativa Ordinal	-	Tipo de lugar de la urgencia (Hogar, Vía Pública, Centro comercial, Centro educacional, Otro)	LOG
Distancia	Cuantitativa continua	kilómetros	Distancia entre la base y el lugar de la emergencia	LOG
Uso de asistencia GPS en ruta	Cualitativa dicotómica		Si/No	LOG



Tipo de ambulancia	Cualitativa Ordinal	-	Tipo de ambulancia (Básica, Avanzada, Medicalizada)	LOG
Patología GES	Cualitativa dicotómica	-	-	CL
Fallecimiento	Cualitativa dicotómica	-		CL
Fecha fallecimiento				CL
N de ambulancias disponibles al momento de la llamada	Cuantitativa discreta			LOG
Procedimiento en el lugar	Cualitativa dicotómica	-		CL
Traslado a centro hospitalario	Cualitativa dicotómica	-		CL

Respecto al sistema de categorización para la variable *Triage*, se utilizará el sistema del NHS (14) el cual clasifica el llamado en base a preguntas específicas preestablecidas en cinco categorías que van desde C1 a C5. Lo anterior es esencial para articular una respuesta acorde al motivo de la llamada.

- Categoría 1 (C1): Condición de riesgo vital inminente (ej. PCR, Anafilaxia)
- Categoría 2 (C2): Llamadas de emergencia (ej. ACV, dificultad respiratoria, dolor torácico)
- Categoría 3 (C3): Llamadas de urgencia (ej. Parto en fase avanzada, quemaduras no severas, descompensaciones metabólicas)
- Categoría 4 (C4): Llamadas menos urgentes (ej. Vómito, diarrea, infección urinaria)
- Categoría 5 (C5): Llamadas no urgentes.



ANÁLISIS DE DATOS

Estadística descriptiva

Para las variables cuantitativas continuas se representarán las medias aritméticas, moda, mediana, varianza, desviación y error estándar, junto con histograma de estas, así como determinación de rangos intercuartílicos e identificación de valores outliers, para finalmente describir su distribución.

Para las variables cuantitativas discretas, así como cualitativas, se representarán las frecuencias acumuladas y relativas con transformación a porcentajes. Con ello se realizarán gráficos de frecuencia para representar la composición de la población.

Estadística Inferencial

Para la comparación de medias en distribución normal se utilizará la prueba T de Student ajustada por varianza, y la prueba U de Mann Whitney para datos no paramétricos. Para la comparación de medias en múltiples grupos se utilizará el análisis de observación de varianza (ANOVA). Para la comparación de proporciones se utilizará Chi cuadrado y la determinación de grados de libertad.

Para estimar el efecto de las diferentes variables en el TR se realizarán modelos de regresión lineal univariado para cada una, y posteriormente multivariado en función de los resultados previos.

Control de sesgos

Parte fundamental de estudiar la relación entre los factores logísticos, sociodemográficos y clínicos con el TR es identificar aquellas variables que tienen relación causal y aquellas que se comportan como variables de confusión.

Tras realizar un gráfico acíclico dirigido se identificaron relaciones sesgadas que tras ser ajustadas se obtuvo la siguiente relación de variables:

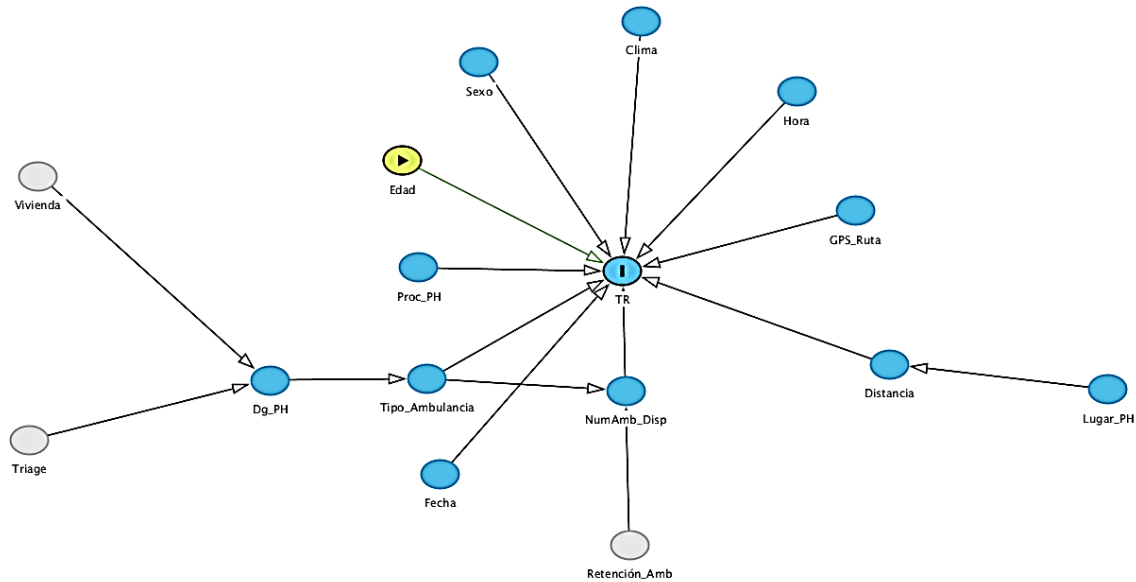


Figura 2. Gráfico acíclico dirigido con relación de variables y ajuste de potenciales confundentes

Para controlar el sesgo de confusión se realizarán las siguientes estrategias:

- Restricción: los criterios de inclusión y exclusión que se aplicará sobre la población ya registrada en el período de tiempo determinado, además de eliminar todos los casos en que estén presentes variables de confusión (identificadas en el paso previo).
- Modelos de regresión: En conjunto a la restricción permite estimar los efectos de los factores de confusión.
- Estratificación: Lo que da lugar a la realización de puntajes de propensión para variables dicotómicas.
- Análisis de sensibilidad

Considerando la probabilidad de sesgo de selección al no realizar aleatorización (dado el tipo de estudio), es importante mencionar que al incluir a toda la población que realiza llamadas al SAMU en el período de tiempo descrito, siendo nuestra población diana de extrapolación, los resultados del estudio deben ser vistos con potencial aplicabilidad a las ciudades de Coquimbo y Antofagasta, y solo sugerentes en otros lugares.

El sesgo de información se encuentra controlado mediante la monitorización georreferenciada (GPS). A diferencia de otros SAMU donde el registro del TR es manual y flexible, la medición a través de GPS entrega datos concretos que disminuyen este tipo de sesgo. El receptor GPS puede alcanzar una precisión horizontal de 3 metros o mejor y una precisión vertical de 5 metros o mejor, el 95% de las veces (34). Los errores en su medición se encuentran divididos entre la Dilución de precisión geométrica o GDOP y la dilución de precisión en posición (PDOP).



3.2. ANÁLISIS DE LAS IMPLICANCIAS ÉTICAS

3.2.1. ANÁLISIS DE RIESGO-BENEFICIO

Este proyecto se sustenta como un estudio bidireccional sobre la base de datos de las llamadas realizadas por los usuarios de Antofagasta y Coquimbo en un período determinado de tiempo. En la fase retrospectiva, al ser hechos ya ocurridos, esta investigación no realizará intervenciones directas sobre los sujetos que generaron estas llamadas. Durante la fase prospectiva se registrará el Rol Único Nacional para hacer seguimiento de la sobrevida, así como un número telefónico, por lo que se realizará un acto de consentimiento informado. Toda la información analizada será en beneficio directo de los usuarios del SAMU y a sus operadores. En el mismo sentido, el principio de autonomía y justicia no son afectados. Dado lo anterior, se cumplen los aspectos correspondientes y aplicables de la declaración de Helsinki

3.2.2. RESGUARDO DE LA CONFIDENCIALIDAD

Para todos los efectos la base de datos de las llamadas al 131 en Antofagasta y Coquimbo se almacena en un computador físico encriptada con contraseña de conocimiento único del investigador responsable.

Las llamadas poseerán un identificador numérico, Rol Único Nacional y un teléfono de contacto, los que solo se utilizarán con objetivo de realizar seguimiento de la sobrevida, garantizando que los datos no serán entregados, vendidos ni utilizados con otros fines ajenos al estudio.

3.2.3. CONSENTIMIENTO/ASENTIMIENTO INFORMADO

Este estudio requiere el consentimiento informado por escrito para utilizar información sensible antes descrita. En vista del marco del estudio (emergencias), la obtención del consentimiento se realizará posterior a la atención de la llamada. Por defecto la información será registrada, y en caso de que el usuario no desee participar dicho registro será eliminado de la base de datos.

3.2.4. AUTORIZACIONES INSTITUCIONALES REQUERIDAS

Para la realización de este estudio se solicitará la autorización de los coordinadores de SAMU Antofagasta y Coquimbo, así como la Universidad de Los Andes y la Universidad Católica del Norte.



3.3. PLAN DE TRABAJO

Objetivo Específico	Actividad	Año 1												Año 2											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Autorización comité de ética	Presentación al comité de Ética																								
Preparación	Coordinación de SAMU participantes																								
	Levantamiento del funcionamiento de centros reguladores y flota SAMU																								
	Focus Group problemas actuales y desafíos																								
Recopilación y validación de llamadas georeferenciadas 2019-2021	Obtención de registros de llamadas georeferenciadas 2019 a 2021																								
	Limpieza de datos																								
	Estandarización de variables																								
	Cálculo del tiempo de respuesta																								
	Depuración y consolidación de información																								
Generación de mapas de calor	Análisis Estadístico																								
	Generación de mapa de calor según tiempo-dependencia																								
Generación de mapas de calor	Generación de mapa de calor según zonas e ingresos																								
	Generación de mapa de calor según zonas e ingresos																								
Recopilación y validación de llamadas georeferenciadas 2023 con modelo actual	Registro de llamadas y variables depuradas																								



4. RESULTADOS, IMPLEMENTACIÓN Y DIFUSIÓN

4.1. IMPLEMENTACIÓN DEL(LOS) PRODUCTO(S) ESPERADO(S)

4.1.1. RESULTADOS Y/O PRODUCTOS ESPERADOS

Resultados de Investigación y Desarrollo:

Nombre del resultado/producto	Ingresar una breve descripción del resultado/producto
Aplicación web de optimización SAMU	Aplicación basada en web y GPS que provea una interfaz de usuario fácil e intuitiva para los operadores de centros reguladores del SAMU orientada al proceso de respuesta a llamados y despacho de ambulancias
Estandarización del modelo de atención prehospitalaria en Antofagasta y Coquimbo	Estrategia que busca basada en los resultados generados que un sistema estandarizado birregional es posible, beneficioso y potencialmente extrapolable al resto del país.

Resultados de Producción Científica y Difusión:

Nombre del resultado/producto	Ingresar una breve descripción del resultado/producto
Impacto del uso de un modelo matemático que incorpore factores clínicos, logísticos y sociodemográficos	Artículo científico con el análisis detallado del estudio realizado en este proyecto
Descripción de la atención prehospitalaria SAMU en Antofagasta y Coquimbo	Artículo científico que describa en detalle la atención prehospitalaria por el SAMU en Antofagasta y Coquimbo
Relación entre el tiempo de respuesta y la mortalidad tardía en emergencias atendidas por el SAMU en Antofagasta y Coquimbo	Artículo científico que evalúe la relación entre distintos factores de la atención prehospitalaria con la mortalidad precoz y tardía, con el modelo anterior y el nuevo.



4.1.2. IMPLEMENTACIÓN DE EL(LOS) RESULTADOS O PRODUCTO(S) ESPERADO(S)

Los beneficiarios finales de este proyecto son todos aquellos usuarios de la atención prehospitalaria de Antofagasta y Coquimbo, la cual es mayoritariamente realizada por el SAMU. Como se describió al principio del proyecto, las patologías de emergencia vital son tiempo dependientes, por lo que la reducción del mismo tendrá una relación directa en la morbimortalidad de ellas, garantizando y respetando así el acceso y oportunidad a la atención.

Como intermediarios fundamentales se encuentran los operadores de bases SAMU y centros reguladores, los que a través de la incorporación de esta aplicación y del modelo modificado podrán ejecutar algoritmos de despacho de ambulancias ponderando factores individuales del paciente de diferentes esferas. Lo anterior brindará la capacidad de ejecutar una atención más eficiente con menor estrés, mejorando la carga y rendimiento que los operadores de estos servicios se ven expuestos.

La aplicación y ejecución del piloto del proyecto irá acompañada de estrategias de extensión de la aplicación web, tales como material de soporte online on-demand (videos, aplicaciones didácticas) así como soporte 24/7, charlas, capacitaciones y feedback continuo.

Por otro lado, un modelo optimizado de atención prehospitalaria permite estimar de manera precisa los puntos y uso de recursos, permitiendo mejorar los criterios que rigen el desarrollo de centros y bases SAMU, además de dar la capacidad de proyección sobre variables de mejoría e inversión concretas a corto y mediano plazo.

Será fundamental el trabajo horizontal. Para ello se generarán reuniones e instancias de discusión con los servicios de salud, municipios y SAMU participantes.

La comunidad tendrá un rol de contrareferencia sobre la percepción de la atención. Para ello, en puntos de atención comunitaria (CESFAM, CESCOF) se realizarán focus group y entrevistas grupales.

4.2. ACTIVIDADES DE DIFUSIÓN

- Congresos de sociedades científicas, universitarios y regionales.
- Seminarios
- Talleres presenciales y a distancia
- Focus group.
- Difusión en prensa y comunitaria
- Reuniones técnicas

5. CAPACIDAD DE GESTIÓN Y ASOCIATIVIDAD

5.1. CAPACIDAD DE GESTIÓN

NOMBRE	INSTITUCIÓN	PROFESIÓN	CARGO EN EL PROYECTO	Funciones y Capacidades Críticas que aportará al proyecto	Dedicación Mensual (HH/mes)	\$/HH	Actividades a desarrollar en el proyecto (individualizadas en la carta Gantt)
EQUIPO DE INVESTIGACIÓN							
DIRECTOR	Universidad de Los Andes	Médico Cirujano	Director	OMITIDA PARA REVISIÓN CIEGA.	40	35000	Desarrollo y dirección del proyecto, así como gestión de participación, implementación y difusión de resultados.
DIRECTOR ALTERNO	Universidad de Los Andes	Médico Cirujano	Director Alterno	OMITIDA PARA REVISIÓN CIEGA.	30	35000	Desarrollo y diagnóstico del funcionamiento local SAMU. Gestión de colaboración de distintos SAMU y subsecretaría de Redes asistenciales.
INVESTIGADOR 1	Universidad Católica del Norte	Ingeniero	Investigador	OMITIDA PARA REVISIÓN CIEGA.	25	30000	Desarrollo y dirección del proyecto, así como gestión de participación, implementación y difusión de resultados.
PERSONAL TÉCNICO DE APOYO							
PT1	SAMU Antofagasta	Regulador	Experto técnico	Coordinación de extracción y supervisión de datos	12	25000	Coordinación local SAMU, levantamiento de funcionamiento, Focus Group
PT2	SAMU Coquimbo	Regulador	Experto técnico	Coordinación de extracción	12	25000	Coordinación local SAMU, levantamiento



				y supervisión de datos			de funcionamiento, Focus Group
PERSONAL ADMINISTRATIVO							
PA1	Universidad de Los Andes	Administrativo	Administrativo	Manejo y control de presupuesto, temporalidad, hitos y registro	12	25000	Asistencia logística en todas las actividades

Porcentaje de Dedicación mensual en otros Proyectos					
CARGO EN EL PROYECTO	NOMBRE	2022	2023	2024	
Director	OMITIDO PARA REVISIÓN CIEGA	0	0	0	
Director Alterno	OMITIDO PARA REVISIÓN CIEGA	0	0	0	
Investigador	OMITIDO PARA REVISIÓN CIEGA	0	0	0	



5.2. ANTECEDENTES CURRICULARES DEL EQUIPO DE INVESTIGACIÓN

OMITIDO PARA REVISIÓN CIEGA

5.3. PARTICIPACION DE INVESTIGADORES EN FORMACIÓN

Se incorporarán estudiantes de medicina de pre y post grado, los que estarán encargados de colaborar en la gestión y procesos de diferentes actividades acorde a su desarrollo académico personal, orientado a que este proyecto potencie dicho desarrollo.

Resultados de Formación de Capacidades:

Actividad de formación	Rol	Nombre Supervisor
Manejo y gestión de bases de datos	Capacitador y supervisor	Investigador 1
Análisis de bases de datos con uso de software complementario	Capacitador y supervisor. Desarrollo de asociaciones y estrategias	Director Director Alterno
Redacción de papers y presentaciones tanto académicas como comunitarias	Desarrollo de ideas y redacción científica. Oratoria académica y comunitaria	Director Director Alterno

5.4. ASOCIATIVIDAD

SAMU Coquimbo y SAMU Antofagasta: SAMU es el servicio prestador de atención prehospitalaria más importante del país, conectado directamente a los centros de la red pública en todos los servicios de salud. Serán participante clave de este proyecto. Ya se ha trabajado con ellos en dos proyectos previos y este es la continuación de la idea original, mejorando las alianzas estratégicas y dando continuidad entre SAMU y las universidades involucradas.

Subsecretaría de Redes Asistenciales: Esta subsecretaría, dependiente del Ministerio de Salud, tiene como misión regular y supervisar el funcionamiento de las redes de salud a través del diseño de políticas, normas, planes y programas para su coordinación y articulación. Su participación en este proyecto es importante en función del funcionamiento del SAMU en sí y la articulación de la atención prehospitalaria dentro de la red de salud. Socio estratégico para posterior escalaje de aplicación web a nivel nacional.

Universidad Católica del Norte (UCN): Una de las universidades más importantes de la zona norte del país, con experiencia previa en investigación de gestión de atención prehospitalaria en Antofagasta y Coquimbo, así como experiencia en el desarrollo, confección y ajuste de



modelos matemáticos, aplicaciones web y tecnologías de georreferencia. La colaboración con la Universidad de Los Andes permite, además de fomentar el ambiente productivo interuniversitario, promover la descentralización investigativa en desarrollo de materias científicas.

Universidad de Los Andes: Universidad de la Región Metropolitana con experiencia previa en proyectos de investigación en gestión de despacho de ambulancias SAMU en Antofagasta y Coquimbo. La colaboración con la UCN permite, además de fomentar el ambiente productivo interuniversitario, promover la descentralización investigativa en desarrollo de materias científicas.

ANEXO I. DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN DEL ESTUDIO

1. Antofagasta

Descripción de la comuna

- Habitantes: 361.873 habitantes, 181.846 hombres, 180.027 mujeres.
- Ruralidad regional: 5.9% (CENSO 2017)

Distribución etaria:

Población por grupo (n°)		Distribución de la población entre grupos etarios (%), Proyección 2021		
Grupo Edad	Censo 2017	Comuna	Región	País
0-14	76.260	20,27	20,89	19,09
15-29	94.445	25,44	24,52	21,79
30-44	84.102	24,64	24,81	22,78
45-64	78.531	21,33	21,66	23,9
65 o más	28.535	8,31	8,12	12,49
Total	361.873	100	100	100

Fuente: Censos de Población y Vivienda, Proyecciones de Población, INE.

Natalidad, mortalidad y mortalidad infantil:

Unidad Territorial	Tasas c/1.000 hab, año 2016		
	Natalidad	Mortalidad general	Tasa de mortalidad infantil (c/1.000 nacidos vivos)
Comuna de Antofagasta	14,7	5,3	6,9
Región de Antofagasta	14,7	4,8	6,1
País	12,8	5,7	7

Fuente: DEIS, MINSAL.

Índices de pobreza:

Unidad Territorial	Por ingresos	Multidimensional
Comuna de Antofagasta	5,06	16,58
Región de Antofagasta	5,1	16,4
País	8,6	20,7

Fuente: Encuesta CASEN 2017, MDS

Población carente de servicios básicos y hogares hacinados (% totales, a diciembre 2020):

Unidad Territorial	Totales a Junio 2020 (%)	
	Personas en hogares carentes de SSBB	Hogares hacinados
Comuna de Antofagasta	9	18,4
Región de Antofagasta	13,7	18,4
País	13,8	14,6

SSBB: Servicios Básicos

Fuente: SIIS-T MDS

Servicio de Salud: Antofagasta.

Egresos hospitalarios: 33.505 (2021, DEIS MINSAL)

Consultas de Urgencias: 29.870 (2021, DEIS MINSAL)

SAMU local: Tres bases (Ex Hospital Regional de Antofagasta, Compañía de Bomberos y otra en un centro asistencial).

2. Coquimbo:

Descripción de la comuna

- Habitantes: 227.730 habitantes; 109.872 hombres, 117.858 mujeres.
- Ruralidad regional: 18.8% (CENSO 2017)

Distribución etaria:

Población por grupo (n°)		Distribución de la población entre grupos etarios (%), Proyección 2021		
Grupo Edad	Censo 2017	Comuna	Región	País
0-14	51.008	20,82	20,2	19,03
15-29	53.958	22,11	21,21	21,79
30-44	46.304	21,87	21,43	22,78
45-64	52.369	23,26	23,91	23,9
65 o más	24.091	11,9	13,25	12,49
Total	227.730	100	100	100

Fuente: Censos de Población y Vivienda, Proyecciones de Población, INE.

Natalidad y mortalidad:

Unidad Territorial	Tasas c/1.000 hab, año 2016		
	Natalidad	Mortalidad general	Tasa de mortalidad infantil (c/1.000 nacidos vivos)
Comuna de Coquimbo	14,3	4,9	6,2
Región de Coquimbo	13	5,5	7,7
País	12,8	5,7	7

Fuente: DEIS, MINSAL.

Índices de pobreza:

Unidad Territorial	Por ingresos	Multidimensional
Comuna de Coquimbo	13,41	18,03
Región de Coquimbo	11,9	22,6
País	8,6	20,7

Fuente: Encuesta CASEN 2017, MDS

Población carente de servicios básicos y hogares hacinados (% totales, a diciembre 2020):

Unidad Territorial	Totales a Junio 2020 (%)	
	Personas en hogares carentes de SSBB	Hogares hacinados
Comuna de Coquimbo	12,4	16,2
Región de Coquimbo	15,9	14,7
País	13,8	14,6

SSBB: Servicios Básicos

Servicio de Salud: Coquimbo
Egresos hospitalarios: 13.817 (2021, DEIS MINSAL)
Consultas de Urgencias: 10.839 (2021, DEIS MINSAL)
SAMU local: Base SAMU Coquimbo

3. La Serena:

Descripción de la comuna

- Habitantes: 221054 habitantes, 105836 hombres, 115218 mujeres.
- Ruralidad regional: 18.8% (CENSO 2017)

Distribución etaria:

Población por grupo (n°)		Distribución de la población entre grupos etarios (%), Proyección 2021		
Grupo Edad	Censo 2017	Comuna	Región	País
0-14	46.938	19,73	20,2	19,03
15-29	55.429	23,21	21,21	21,79
30-44	43.986	21,,55	21,43	22,78
45-64	50.421	23,25	23,91	23,9
65 o más	24.280	12,26	13,25	12,49
Total	221.054	100	100	100

Fuente: Censos de Población y Vivienda, Proyecciones de Población, INE.

Natalidad y mortalidad:

Unidad Territorial	Tasas c/1.000 hab, año 2016		
	Natalidad	Mortalidad general	Tasa de mortalidad infantil (c/1.000 nacidos vivos)
Comuna de La Serena	13,1	5,5	8
Región de Coquimbo	13	5,5	7,7
País	12,8	5,7	7

Fuente: DEIS, MINSAL.

Índices de pobreza:

Unidad Territorial	Por ingresos	Multidimensional
Comuna de La Serena	10,24	20,13
Región de Coquimbo	11,9	22,6
País	8,6	20,7

Fuente: Encuesta CASEN 2017, MDS

Población carente de servicios básicos y hogares hacinados (% totales, a diciembre 2020):

Unidad Territorial	Totales a Junio 2020 (%)	
	Personas en hogares carentes de SSBB	Hogares hacinados
Comuna de La Serena	8,3	14,9
Región de Coquimbo	15,9	14,7
País	13,8	14,6

SSBB: Servicios Básicos

Fuente: SIIS-T MDS



Servicio de Salud: Coquimbo

Egresos hospitalarios: 14.691 (2021, DEIS MINSAL)

Consultas de Urgencias: 21.606 (2021, DEIS MINSAL)

SAMU local: Base SAMU La Serena



ANEXO II. REFERENCIAS

1. Teo Sin Di, Mohd Boniami Yazid, Mohd Shaharudin Shah Che Hamzah, Tuan Hairulnizam Tuan Kamauzaman, Normalinda Yaacob, Nik Hisamuddin Nik Ab. Rahman. FACTORS ASSOCIATED WITH DELAYED AMBULANCE RESPONSE TIME IN HOSPITAL UNIVERSITI SAINS MALAYSIA, KUBANG KERIAN, KELANTAN. Malays J Public Health Med. 1 de mayo de 2020;20(1):9-14.
2. Nehme Z, Andrew E, Smith K. Factors Influencing the Timeliness of Emergency Medical Service Response to Time Critical Emergencies. Prehosp Emerg Care. 1 de noviembre de 2016;20(6):783-91.
3. Golden AP, Odoi A. Emergency medical services transport delays for suspected stroke and myocardial infarction patients. BMC Emerg Med. diciembre de 2015;15(1):34.
4. Bürger A, Wnent J, Bohn A, Jantzen T, Brenner S, Lefering R, et al. The Effect of Ambulance Response Time on Survival Following Out-of-Hospital Cardiac Arrest. Dtsch Arztebl Int [Internet]. 20 de agosto de 2018 [citado 25 de septiembre de 2022]; Disponible en: <https://www.aerzteblatt.de/10.3238/arztebl.2018.0541>
5. Gonzalez RP, Cummings GR, Phelan HA, Mulekar MS, Rodning CB. Does increased emergency medical services prehospital time affect patient mortality in rural motor vehicle crashes? A statewide analysis. Am J Surg. enero de 2009;197(1):30-4.
6. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. Ley 19966 | Establece un régimen de garantías en salud [Internet]. 2004 [citado 22 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=229834>
7. Ministerio de Salud, Chile. ESTRATEGIA NACIONAL DE SALUD PARA LOS OBJETIVOS SANITARIOS AL 2030.
8. Ministerio de Salud, Chile. Departamento de Estadísticas e Información de Salud [Internet]. [citado 21 de noviembre de 2022]. Disponible en: https://informesdeis.minsal.cl/SASVisualAnalytics/?reportUri=%2Freports%2Freports%2F4013de47-a3c2-47b8-8547-075525e4f819§ionIndex=0&sso_guest=true&reportViewOnly=true&reportContextBar=false&sas-welcome=false
9. Blanchard IE, Doig CJ, Hagel BE, Anton AR, Zygum DA, Kortbeek JB, et al. Emergency Medical Services Response Time and Mortality in an Urban Setting. Prehosp Emerg Care. enero de 2012;16(1):142-51.
10. Heath G, Radcliffe J. Performance Measurement and the English Ambulance Service. Public Money Manag. junio de 2007;27(3):223-8.
11. Jánošíková L, Jankovič P, Kvet M, Zajacová F. Coverage versus response time objectives in ambulance location. Int J Health Geogr. diciembre de 2021;20(1):32.
12. Québec Official Publisher. ACT RESPECTING PRE-HOSPITAL EMERGENCY SERVICES. Quebec; 2022.
13. Cui ER, Fernandez AR, Zegre-Hemsey JK, Grover JM, Honvoh G, Brice JH, et al. Disparities in Emergency Medical Services Time Intervals for Patients with Suspected Acute Coronary



Syndrome: Findings from the North Carolina Prehospital Medical Information System. J Am Heart Assoc. 3 de agosto de 2021;10(15):e019305.

14. National Health Service England. Statistical Note: Ambulance Quality Indicators (AQI). 2022.
15. Departamento de Gestión del Riesgo Asistencial, Subsecretaría de Redes Asistenciales, Ministerio de Salud, Chile. Modelo Nacional del Sistema de Atención Médica de Urgencia SAMU. 2018.
16. Olivos C, Caceres H. MULTI-OBJECTIVE OPTIMIZATION OF AMBULANCE LOCATION IN ANTOFAGASTA, CHILE. Transport. 19 de agosto de 2022;37(3):177-89.
17. Olivares R. Ambulancias del SAMU demoran más de 30 minutos en llegar a una urgencia vital en la RM. El Mercurio [Internet]. 15 de noviembre de 2015; Disponible en: <http://www.economiaynegocios.cl/noticias/noticias.asp?id=201467>
18. Wei Lam SS, Zhang ZC, Oh HC, Ng YY, Wah W, Hock Ong ME, et al. Reducing Ambulance Response Times Using Discrete Event Simulation. Prehosp Emerg Care. 3 de abril de 2014;18(2):207-16.
19. Cho S, Kim D. Dynamic Emergency Medical Service Dispatch: Role of Spatiotemporal Machine Learning. En: Lu Y, Delmelle E, editores. Geospatial Technologies for Urban Health [Internet]. Cham: Springer International Publishing; 2020 [citado 21 de noviembre de 2022]. p. 113-29. (Global Perspectives on Health Geography). Disponible en: http://link.springer.com/10.1007/978-3-030-19573-1_7
20. Byrsell F, Claesson A, Ringh M, Svensson L, Jonsson M, Nordberg P, et al. Machine learning can support dispatchers to better and faster recognize out-of-hospital cardiac arrest during emergency calls: A retrospective study. Resuscitation. mayo de 2021;162:218-26.
21. Sporer KA, Johnson NJ. Detailed analysis of prehospital interventions in medical priority dispatch system determinants. West J Emerg Med. febrero de 2011;12(1):19-29.
22. Rathore N, Jain PK, Parida M. A Sustainable Model for Emergency Medical Services in Developing Countries: A Novel Approach Using Partial Outsourcing and Machine Learning. Risk Manag Healthc Policy. 2022;15:193-218.
23. Subsecretaría de Salud Pública, Ministerio de Salud, Chile. Guía Clínica AUGÉ Accidente Cerebro Vascular Isquémico en personas de 15 años y más [Internet]. 2013. Disponible en: <https://www.minsal.cl/portal/url/item/7222754637e58646e04001011f014e64.pdf>
24. Serie Guías Clínicas MINSAL Chile. Guía clínica Infarto Agudo del Miocardio con Supradesnivel del Segmento ST [Internet]. 2013. Disponible en: <https://www.minsal.cl/portal/url/item/72213ed52c3323d1e04001011f011398.pdf>
25. Kist JM, Smit GWG, Mairuhu ATA, Struijs JN, Vos RC, van Peet PG, et al. Large health disparities in cardiovascular death in men and women, by ethnicity and socioeconomic status in an urban based population cohort. EClinicalMedicine. octubre de 2021;40:101120.
26. Theodorou CM, Galganski LA, Jurkovich GJ, Farmer DL, Hirose S, Stephenson JT, et al. Causes of early mortality in pediatric trauma patients. J Trauma Acute Care Surg. marzo de 2021;90(3):574-81.

- 
27. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Leading Causes of Death and Injury [Internet]. [citado 21 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://www.cdc.gov/injury/wisqars/LeadingCauses.html>
 28. Berkeveld E, Popal Z, Schober P, Zuidema WP, Bloemers FW, Giannakopoulos GF. Prehospital time and mortality in polytrauma patients: a retrospective analysis. *BMC Emerg Med.* diciembre de 2021;21(1):78.
 29. Haider AH, Weygandt PL, Bentley JM, Monn MF, Rehman KA, Zarzaur BL, et al. Disparities in trauma care and outcomes in the United States: a systematic review and meta-analysis. *J Trauma Acute Care Surg.* mayo de 2013;74(5):1195-205.
 30. Herrera-Escobar JP, Seshadri AJ, Rivero R, Toppo A, Al Rafai SS, Scott JW, et al. Lower education and income predict worse long-term outcomes after injury. *J Trauma Acute Care Surg.* julio de 2019;87(1):104-10.
 31. Lam SSW, Nguyen FNHL, Ng YY, Lee VPX, Wong TH, Fook-Chong SMC, et al. Factors affecting the ambulance response times of trauma incidents in Singapore. *Accid Anal Prev.* septiembre de 2015;82:27-35.
 32. Neira-Rodado D, Escobar-Velasquez JW, McClean S. Ambulances Deployment Problems: Categorization, Evolution and Dynamic Problems Review. *ISPRS Int J Geo-Inf.* 3 de febrero de 2022;11(2):109.
 33. Lin AX, Ho AFW, Cheong KH, Li Z, Cai W, Chee ML, et al. Leveraging Machine Learning Techniques and Engineering of Multi-Nature Features for National Daily Regional Ambulance Demand Prediction. *Int J Environ Res Public Health.* 11 de junio de 2020;17(11):E4179.
 34. GISGeography. GPS Accuracy: HDOP, PDOP, GDOP, Multipath & the Atmosphere [Internet]. GIS Geography. 2017 [citado 25 de diciembre de 2022]. Disponible en: <https://gisgeography.com/gps-accuracy-hdop-pdop-gdop-multipath/>