

Documento Técnico Preliminar

ISSN 2805-8739. En línea.

Balance de la disponibilidad y cercanía a los centros de vida en Barranquilla

Por:

Luis Armando Gelvez Acevedo

Joryana Martinez

Vianet Niebles

Endy Paola Salon Acosta

Editor:

Juan Manuel Alvarado Nivia

Secretario de planeación



ALCALDÍA DE
BARRANQUILLA

Soy BARRANQUILLA

Núm.5

Febrero, 2022



ALCALDÍA DE **BARRANQUILLA**

Balance de la disponibilidad y cercanía a los centros de vida en Barranquilla

Por:

Luis Armando Gelvez Acevedo

Joryana Martinez

Vianet Niebles

Endy Paola Salon Acosta

Como citar este documento:

Gelvez, L.A. , Martinez, J., Niebles, V. & Salon, E. (Febrero, 2022). "Balance de la disponibilidad y cercanía a los centros de vida en Barranquilla". Secretaría de Planeación. Alcaldía Distrital de Barranquilla. Recuperado de <https://www.barranquilla.gov.co/planeacion/documentos-tecnicos-preliminares>

Alcaldía de Barranquilla – Secretaría de planeación

La información contenida en este documento es de carácter preliminar, se encuentra sujeta a revisiones y no constituye un documento final. Todas las referencias a fuentes de información externas se hacen bajo normativas de propiedad intelectual y no constituyen un patrocinio a las mismas.

RESUMEN

Barranquilla, mantiene en su agenda garantizar los derechos fundamentales de los adultos mayores y elevar el nivel de vida de esta comunidad, articulándose a programas nacionales enmarcados en la Política Nacional Envejecimiento y Vejez 2015 – 2024, y en cumplimiento de las normas expedidas para tal fin. Un número importante de estos son beneficiados con subsidios al adulto mayor, y también son atendidos en los 26 Centros de Vida fijos distribuidos a lo largo de la ciudad. Para poder planificar eficientemente la ampliación, localización y accesibilidad de los adultos mayores a este servicio, este ejercicio propone un análisis de la accesibilidad espacial potencial de los servicios ofrecidos por los 26 Centros de Vida del Distrito, usando el método 2SFCA de Two-Step Floating Catchment Area, entendiendo la accesibilidad como la distribución de la oferta en relación con la demanda considerando un radio con una longitud adecuada para que los adultos puedan desplazarse.

ABSTRACT

Barranquilla, maintains on its agenda to guarantee the fundamental rights of the elderly and raise the standard of living of this community, articulating with national programs framed in the National Aging and Aging Policy 2015 - 2024, and in compliance with the regulations issued for that purpose. A significant number of these are benefited with subsidies for the elderly, and are also cared for in the 26 fixed Life Centers distributed throughout the city. In order to efficiently plan the expansion, location and accessibility of the elderly to this service, this exercise proposes an analysis of the potential spatial accessibility of the services offered by the 26 District Life Centers, using the Two-Step Floating 2SFCA method. Catchment Area, understanding accessibility as the distribution of supply in relation to demand considering a radius with an adequate length so that adults can move.

CONTENIDO

I.	Introducción.....	4
II.	Centros de vida.....	5
III.	Medición de disponibilidad y cercanía a los Centros de Vida.....	7
i.	Disponibilidad y cercanía.....	7
ii.	Método 2SFCA:.....	7
iii.	Accesibilidad en los centros de vida.....	8
IV.	Resultados.....	10
V.	Localización de nuevos Centros de vida.....	11
VI.	Conclusiones y recomendaciones.....	13
	Referencias.....	14
	Anexos.....	15

MATERIAL ILUSTRATIVO

Mapa 1. Localizaciones mayores de 60 años en condición de pobreza – Barranquilla SISBEN IV.....	9
Mapa 2 Resultados accesibilidad a Centros de Vida.....	11
Mapa 3 Resultados accesibilidad a Centros de Vida (3 centros adicionales).....	12
Mapa 4 Resultados accesibilidad a Centros de Vida (6 centros adicionales).....	12
Gráfica 1: Distribución de resultados: razón de oferta/demanda.....	10
Gráfica 2 Porcentaje de accesibilidad por personas.....	10
Gráfica 3 % Accesibilidad por personas (escenario 2: ampliación 20%).....	13
Gráfica 4 % Accesibilidad por personas (escenario 1: ampliación 10%).....	13

I. Introducción

Según el más reciente censo realizado en Colombia por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) en 2018, las personas mayores de 60 años representan el 14% de la población en Barranquilla, 5 puntos porcentuales por encima de la proporción observada para el censo de 2005 (9%). Este comportamiento apunta a un cambio característico de aspectos socioeconómicos que permiten una mayor expectativa de vida y una disminución de la fertilidad.

Dicha transición es similar en varias ciudades de Latinoamérica y se muestra en la disminución de la población joven y un incremento de adultos o población en edad de trabajar, lo que se conoce como bono demográfico. Esta etapa puede tener una duración corta y la tendencia es que una vez suceda, la cantidad de adultos mayores continúe en incremento con el paso de los años (Pinto, 2016). Bajo este escenario, las ciudades deben estar preparadas para atender el envejecimiento de su población, desde la adecuación de entornos urbanos amigables, hasta la atención a estos en diversos aspectos médicos y psicosociales (Facultad de Ciencias Médicas de Cienfuegos. Centro de Información. et al., 2003).

Además, dado que el envejecimiento es un proceso natural en los seres humanos, una ciudad amigable con los mayores es al final una ciudad amigable para todos (OMS, 2007). La provisión de estructuras y servicios que incrementen la calidad de vida de los adultos mayores o la población en general es un tema que va de la mano de una planeación eficaz de las ciudades, de la toma de decisiones de políticas públicas adecuadas que oriente los esfuerzos hacia los espacios urbanos necesitados (Garrocho & Campos, 2006). Sin embargo, para ser sustentables, las ciudades deben proveer estructuras y servicios que cuenten con la capacidad necesaria y permitan un fácil acceso, a fin de incrementar el bienestar y la productividad de todos sus habitantes.

Puesto que, una ciudad con servicios accesibles que minimiza distancias en el aspecto espacial, no sólo mejora la facilidad de acceso a nivel geográfico, si no que genera bienestar a un mayor número de personas, aumentando las oportunidades de aquellos que las necesitan. Para este caso en particular, un buen nivel de acceso genera mayor bienestar a los adultos mayores residentes en la ciudad, y, por ende, una ciudad amigable para ellos y para la población en general.

Barranquilla, mantiene en su agenda beneficios para esta población, un número importante de adultos mayores son beneficiados con subsidios al adulto mayor, y también son atendidos en los 26 Centros de Vida fijos distribuidos a lo largo de la ciudad o de los más de 100 centros móviles. En este sentido, el propósito del presente documento es analizar desde el punto de vista espacial la distribución de los Centros de Vida actuales con respecto a la ubicación de la población adulta mayor de la ciudad.

Para poder planificar eficientemente la ampliación, localización y accesibilidad de los adultos mayores a este servicio, este ejercicio propone un análisis de la accesibilidad espacial potencial de los servicios ofrecidos por los 26 Centros de Vida del Distrito, usando el método 2SFCA de Two-Step Floating Catchment Area, entendiendo la accesibilidad como la distribución de la oferta en relación con la demanda considerando un radio con una longitud adecuada para que los adultos puedan desplazarse. A lo largo de este documento se contextualizarán los Centros de vida; caracterizarán los adultos mayores del Distrito; se detallará el modelo y los antecedentes en la medición de la accesibilidad para finalmente revisar los resultados de accesibilidad y plantear las conclusiones o recomendaciones.

II. Centros de vida

Para los adultos mayores, las condiciones de vulnerabilidad se pueden incrementar debido a las dificultades para conseguir ingresos, problemas de salud, falta de espacios amigables y la baja participación social. En Barranquilla, para el 2019 la incidencia de la pobreza monetaria se ubicó en un 15% para las personas mayores de 60 años y la incidencia de la pobreza monetaria extrema en un 2% (DANE, 2020).

Para contrarrestar esta situación, el Gobierno Nacional puso en marcha la creación de los Centros de Vida, espacios en los que los adultos mayores de la ciudad de Barranquilla y sus corregimientos, en especial aquellos que residen en las zonas de mayor vulnerabilidad del Distrito. En estos centros los beneficiarios reciben una atención integral que les permite mejorar su calidad de vida, a la vez que los prepara para enfrentar los cambios psicológicos, fisiológicos y socioculturales que a su edad se presentan, permitiéndoles sentirse útiles y valorarse en la vida social y familiar.

El Ministerio de Salud y Protección Social a través de la resolución 024 de 2017 estableció los requisitos mínimos esenciales en cuanto a talento humano, infraestructura, dotación, gestión y atención integral que deben acreditar los Centros Vida y las condiciones para la suscripción de convenios docente-asistenciales. De acuerdo a la ley 1276 de 2009 se establecen los criterios de atención integral del adulto mayor en los Centros de Vida. Dicha ley autoriza la emisión de la estampilla para adulto mayor a través de su artículo 3ro:

“Autorízase a las Asambleas departamentales y a los concejos distritales y municipales para emitir una estampilla, la cual se llamará Estampilla para el bienestar del Adulto Mayor, como recurso de obligatorio recaudo para contribuir a la construcción, instalación, adecuación, dotación, funcionamiento y desarrollo de programas de prevención y promoción de los Centros de Bienestar del Anciano y Centros de Vida para la Tercera Edad, en cada una de sus respectivas entidades territoriales”

Además, define los Centros de vida como el conjunto de proyectos, procedimientos, protocolos e infraestructura física, técnica y administrativa orientada a brindar una atención integral, durante el día, a los Adultos Mayores, haciendo una contribución que impacte en su calidad de vida y bienestar. A su vez, establece que los adultos mayores son aquellas personas que cuentan con sesenta (60) años de edad o más y serán beneficiarios aquellos que se encuentren en niveles I y II de Sisbén o quienes según evaluación socioeconómica, realizada por el profesional experto, requieran de este servicio para mitigar condiciones de vulnerabilidad, aislamiento o carencia de soporte social.

En Barranquilla, este proyecto se inició en el año 2012 con 19 Centros de Vida Fijos, y actualmente se dispone de 26, lo que representa un incremento del 37% de espacios adecuados por el Distrito para la prestación del servicio. Situación que se refleja en la atención anual promedio durante los últimos 5 años de 9.310 adultos mayores, 2.664 intervenidos en recuperación nutricional, 9.858 valorados en medicina general, 8.527 jornadas de ejercicios terapéuticos dirigidos, 6.561 adultos mayores que han participado en actividades lúdicas y de laborterapia. Para el año 2016, el 50% de los adultos mayores atendidos en los centros de vida, realizaron su estudio en básica primaria y un 22% fueron alfabetizados en lecto escritura. En el 2017, cuatrocientos setenta y tres (473) adultos mayores se graduaron del ciclo I y en el año 2018 continuaron su proceso educativo (Alcaldía de Barranquilla, 2020).

Este proyecto brinda atención integral en diferentes áreas de la salud física y mental como: nutrición, valoraciones en medicina general, actividad física terapéutica, psicosocial y terapia ocupacional. Todo esto, a través de un enfoque pedagógico y práctico, diseñado para crear experiencias de aprendizaje que generan sostenibilidad a la implementación desde los cambios de hábitos por desaprendizaje y nuevos conceptos sobre el envejecimiento, en dos modalidades de atención: centros de vida fijos y centros de vida itinerantes.

Los **centros de vida fijos**, por un lado, se desarrollan en predios que la Alcaldía de Barranquilla ha establecido y acondicionado para la atención de los adultos mayores. En estos espacios, se brinda atención en dos jornadas de lunes a viernes: en la jornada de la mañana se brinda diariamente un desayuno y en la jornada de la tarde, un almuerzo; otorgando, además, la atención interdisciplinaria previamente mencionada en cada una de estas.

En cuanto a los **centros de vida móviles**, están diseñados para beneficiar a muchos más adultos mayores que por diversas razones no pueden asistir a un centro de vida fijo; se encuentran presentes en cada una de las localidades del Distrito de Barranquilla y en el corregimiento de Eduardo Santos-La Playa-. A diferencia de los centros de vida fijos, no cuentan con un predio de propiedad de la Alcaldía para el desarrollo de sus

actividades, por lo que estas se llevan a cabo en espacios acondicionados para tal fin como casas de líderes, parques o iglesias.

III. Medición de disponibilidad y cercanía a los Centros de Vida

i. Disponibilidad y cercanía

El acceso espacial enfatiza la importancia de la separación espacial entre la oferta y la demanda como una barrera o facilitador para el acceso de un sistema de prestación de servicios dado (Wang, 2015). Una forma de dar cuenta de esta condicionante es midiendo el **acceso potencial espacial** (potential spatial accessibility), el cual es medido a partir de la distancia o el tiempo de viaje entre la oferta y la demanda. Para cuantificar el **acceso potencial espacial** el método Two-Step Floating Catchment Area (2SFCA) goza de aceptación en estudios relacionados con la atención primaria en salud.

Este método es mayormente utilizado para medir accesibilidad a servicios de salud, e incluso existen estudios previos para Barranquilla, como el de Pérez (2015), que, a través de un modelo gravitacional evidenció mejoras sustanciales en el acceso en términos geográficos a los servicios de salud; pasando en 2008 cuando el 60% de la población se encontraba a 1.6 km de distancia del punto de servicio de salud más cercano, a 2013 la misma proporción de la población esta vez a menos de 1 km. Por su parte y en esta misma línea, Alvarado, Gelvez, Quintero, & Monroy (2018) realizaron un estudio acerca de la accesibilidad a atención primaria en salud, donde se analizó el incremento en el acceso a estos servicios desde el año 2007 hasta el 2018, dando cuenta de los efectos que han tenido las políticas públicas en este tema.

Para el caso específico de los Centros de Vida se realiza un análisis de manera similar a partir de la metodología 2SFCA, con el propósito de determinar niveles de acceso a estos a partir de una distancia mínima (cercanía) y una capacidad instalada reflejada en cupos disponibles para atender adultos mayores (disponibilidad).

ii. Método 2SFCA:

El acceso espacial potencial tiene en cuenta la población y cercanía espacial a los puntos de servicio. Consta de dos etapas: en la primera etapa se relaciona la capacidad de cada punto de servicio (j) con respecto a la población potencialmente beneficiaria (k) que se encuentre dentro del radio de acceso (d_0). De esta manera, se calcula una relación R_j de oferta y demanda dentro del área de captación (es decir, $d_{kj} \leq d_0$), según la fórmula (1).

$$R_j = \frac{S_j}{\sum_{k \in (d_{kj} \leq d_0)} D_k} \quad (1.0)$$

Donde: S_j es la capacidad de servicio en la ubicación j , D_k es la demanda en la ubicación k que cae dentro del umbral de captación (es decir, $d_{kj} \leq d_0$) y d_{kj} es la distancia entre k y j .

Para la segunda, se mide el acceso desde el punto de vista del beneficiario o del demandante, en este caso los adultos mayores. Esto para tener en cuenta que un beneficiario puede residir cerca de más de un Centro de vida, por lo que las áreas de servicio se superponen. El procedimiento que sigue define que para cada ubicación de demanda i , se buscan todas las ubicaciones de suministro (j) que estén dentro del radio de acceso (d_0) (es decir, área de captación desde el individuo), en base a esto es posible calcular A_i^F que es la suma de las R_j dentro del radio determinado en la ubicación de demanda i , expresada así:

$$A_i^F = \sum_{j \in (d_{ij} \leq d_0)} R_j = \sum_{j \in (d_{ij} \leq d_0)} \frac{S_j}{\sum_{k \in (d_{kj} \leq d_0)} D_k} \quad (2.0)$$

Donde d_{ij} es la distancia entre i y j , R_j es la relación de oferta a demanda en la ubicación de servicio j que cae dentro de la cuenca centrada en i (es decir, $d_{ij} \leq d_0$). Y A_i^F indica una mejor accesibilidad en una ubicación.

El método 2SFCA considera la interacción entre la demanda del servicio y el suministro, calculando una medida de accesibilidad que varía de un lugar a otro. No obstante, el método 2SFCA tiene una limitación importante y es su enfoque dicotómico, pues define que un servicio es accesible o inaccesible por una distancia de corte (Wang, 2015), aunque dentro de la distancia de corte si es posible conocer diferentes niveles de accesibilidad.

Para el caso de Barranquilla se ha tomado como medida el radio de captación de cada equipamiento y manzana a través de la distancia euclidiana en una línea recta de 1.000 metros lineales, lo que equivale a un recorrido de 15 minutos caminando, de acuerdo al criterio del equipo de fisioterapia de la secretaria Distrital de Gestión social y las recomendaciones establecidas de actividad física diaria para los mayores de 60 años.

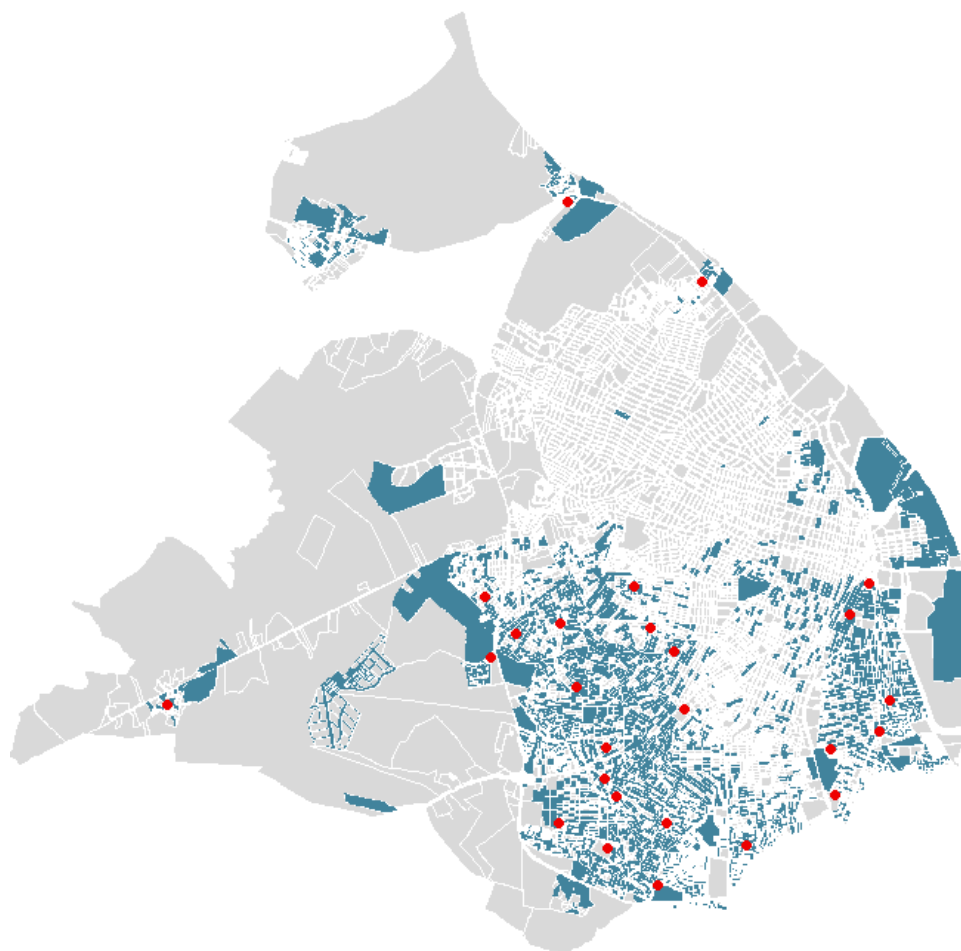
$$d_{12} = [(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2]^{\frac{1}{2}} \quad (3.0)$$

iii. Accesibilidad en los centros de vida

Para la definición de la población de referencia se tomó la población mayor de 60 años, en condición de pobreza según la categoría asignada de acuerdo al SISBEN IV.

Se tuvieron en cuenta las manzanas en las que residiera por lo menos un adulto mayor para obtener la demanda y como puntos de suministro o de oferta del servicio se georreferenciaron los 26 Centros de Vida disponibles en el Distrito.

Mapa 1. Localizaciones mayores de 60 años en condición de pobreza – Barranquilla SISBEN IV



Fuente: Elaboración propia con datos de SISBEN IV

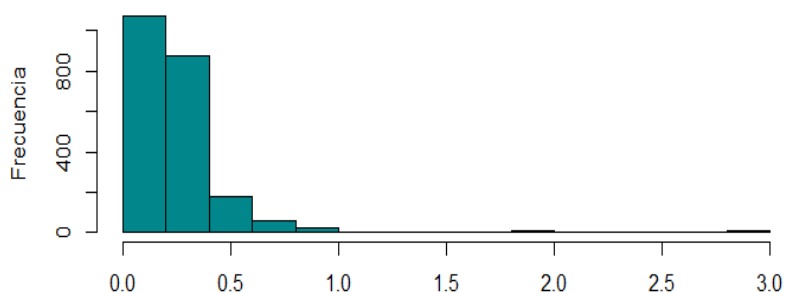
En lo que concierne a la ubicación de los adultos mayores en pobreza, la mayor proporción se encuentra en las localidades Suroriente y Suroccidente. Se trata de una distribución relacionada con la proporción de la población en general, puesto que estas localidades son en las que reside la mayor parte de la población Barranquillera.

El umbral de recorrido para los adultos mayores hasta un Centro de Vida se ubicó en 1.000 metros lineales, de acuerdo al criterio del equipo de fisioterapia de la secretaria Distrital de Gestión social y las recomendaciones establecidas de actividad física diaria para los mayores de 60 años.

IV. Resultados

Una vez aplicada la metodología en dos pasos 2SFCA se determinaron cuatro criterios para agrupar la disponibilidad de cupos dentro del radio mínimo de acceso, para ello, se tuvo en cuenta la distribución de los resultados y se establecieron niveles de 1 a 4, de acuerdo a la razón de oferta (cupos) y demanda (adultos mayores dentro del radio) por cada 100 adultos mayores (AM).

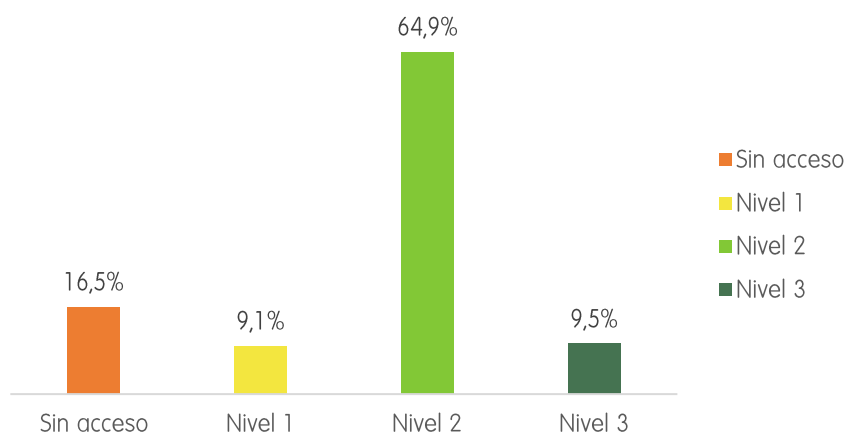
Gráfica 1: Distribución de resultados: razón de oferta/demanda



Fuente: Elaboración propia

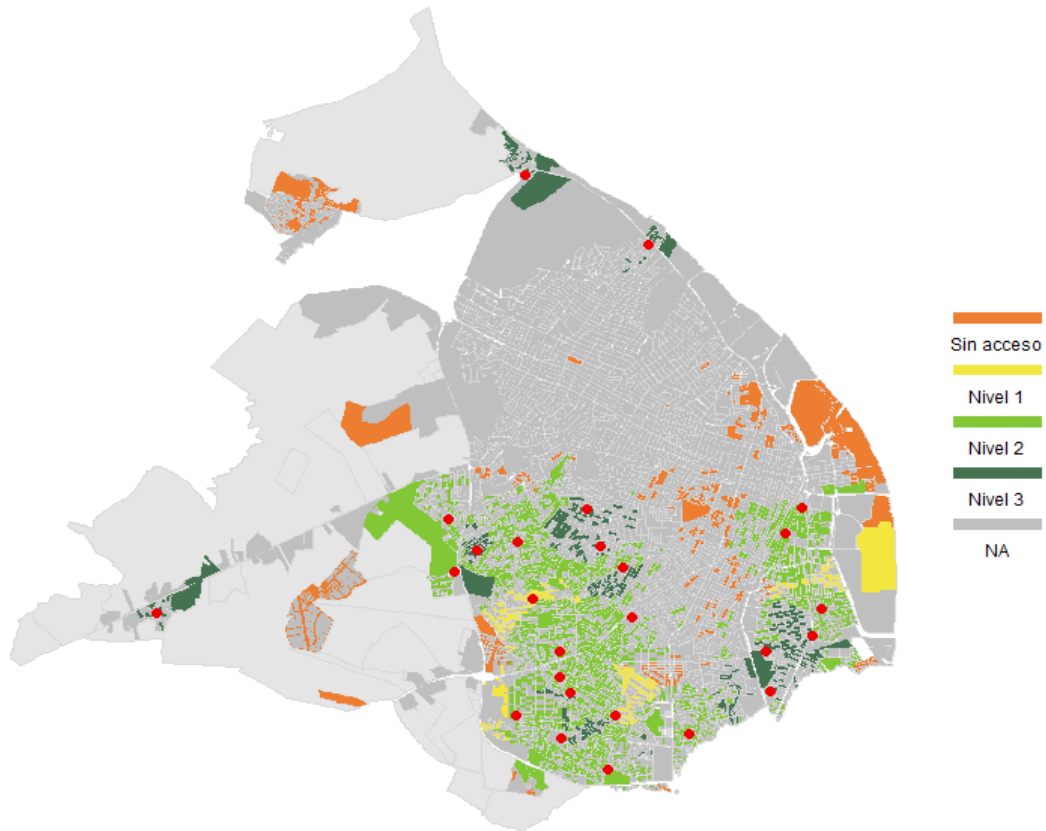
La mayor parte de los mayores de 60 años cuentan con una accesibilidad en nivel 2 a un centro de vida dentro del radio propuesto con un 65%, lo que equivale a un aproximado de 8.359 adultos mayores. Por su parte los adultos mayores sin acceso a un CDV físico es del 16,5%, es decir, cerca de 2.000 adultos mayores. Esto indica que la ubicación de los centros de vida guarda relación con respecto a la localización de la población potencial para ser beneficiada por este servicio.




Gráfica 2 Porcentaje de accesibilidad por personas



Fuente: Elaboración propia

Mapa 2 Resultados accesibilidad a Centros de Vida



Sin acceso	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
0 cupos	10 a 20 cupos por cada 100 AM	20 a 40 cupos por cada 100 AM	Más de 40 cupos por cada 100 AM
0			

Fuente: Elaboración propia

V. Localización de nuevos Centros de vida

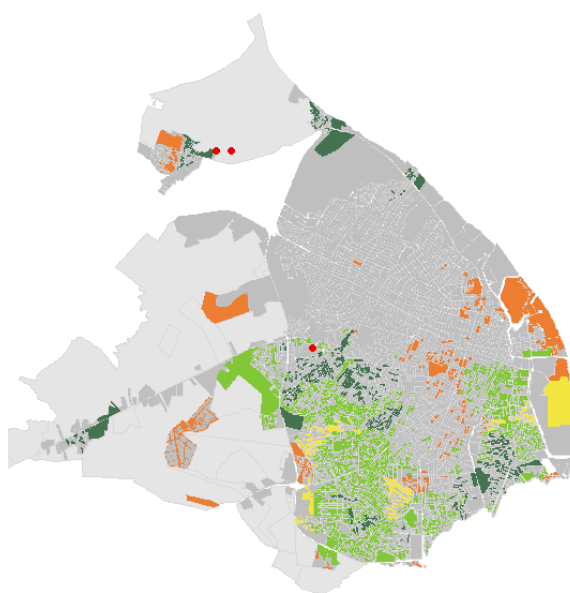
Con la localización de instalaciones se busca ubicar uno o varios puntos, de modo que se satisfagan las demandas de un grupo de clientes, todo esto, sujeto a una serie de restricciones básicas y meramente técnicas. A lo largo de la historia se han planteado diferentes problemas que acabaron dando lugar al problema de la p-mediana tal y como es conocido ahora (Cazabal, 2011).

Como una mirada prospectiva y a manera de ejercicio, se planteó la ampliación del número de Centros de Vida en aproximadamente un 10% y un 20%, es decir un

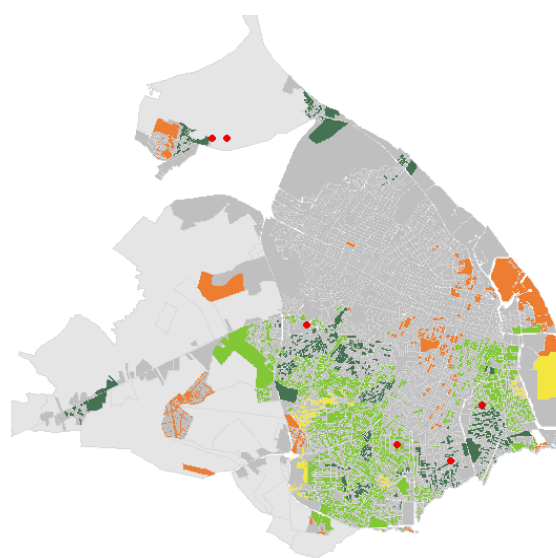
incremento de 3 y 6 puntos respectivamente, cada uno con una capacidad instalada de 120 cupos. Para ello, fue necesario obtener a través del cálculo de distancias euclidianas (ecuación 3.0) una matriz que relacione las distancias de cada una de las manzanas con adultos mayores.

Posteriormente, se ponderaron las distancias de acuerdo al nivel de accesibilidad, y finalmente se aplicó el método de la p-mediana para ubicar los puntos establecidos en zonas que captan en mayor medida adultos mayores.

Mapa 3 Resultados accesibilidad a Centros de Vida (3 centros adicionales)



Mapa 4 Resultados accesibilidad a Centros de Vida (6 centros adicionales)

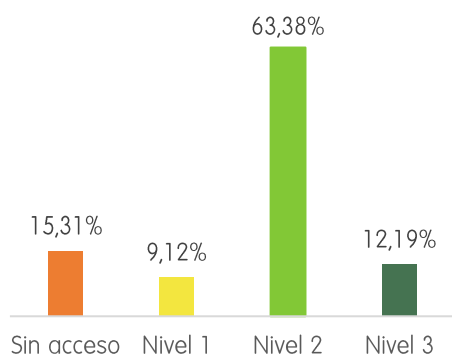


Fuente: Elaboración propia

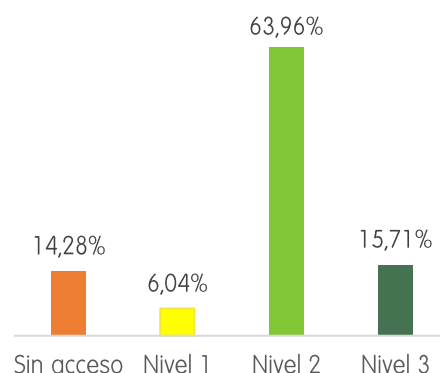
En el primer escenario, al incrementar el número de Centros de Vida en un 10% se obtuvieron 3 puntos, dos de ellos ubicados en La Playa, lugar en el que, a pesar de no existir un punto fijo, funciona un Centro de vida móvil, sin embargo, la demanda de este servicio fue captada al procesar los datos. Para el escenario 2, con 6 puntos adicionales (incremento del 20%), se localizaron los puntos en la parte sur de la ciudad, entre las localidades suroriente y metropolitana, lo que se relacionan con el alto número de adultos mayores que residen en esta zona.

Aunque ya existan puntos cercanos a los proyectados, la densidad de población potencialmente beneficiaria es alta, por lo que con la ubicación de nuevos puntos no sólo busca mejorar el acceso geográfico, si no también suplir en la medida de lo posible la demanda del servicio. Al estar superpuestos los radios de cada Centro de Vida, se incrementaría en mayor medida la cantidad de personas con acceso o cupo a los servicios.

**Gráfica 3 % Accesibilidad por personas
(escenario 2: ampliación 20%)**



**Gráfica 4 % Accesibilidad por personas
(escenario 1: ampliación 10%)**



Fuente: Elaboración propia

La proporción de adultos mayores sin acceso se redujo en 1 punto porcentual en el escenario 1, y el en el escenario dos esta reducción es similar, por su parte, el nivel 3 de acceso se incrementa en ambos escenarios, el nivel 2 aumenta del 9,5% a 12,2% en el escenario 1 y a 16% en el escenario 2, lo que demuestra el incremento en el acceso al servicio gracias a la disponibilidad de cupos nuevos.

VI. Conclusiones y recomendaciones

Las conclusiones que se encuentran en este trabajo son las siguientes:

Es conveniente focalizar espacialmente la población beneficiaria de tal forma que optimice la oferta de los servicios a la población mayor a 60 años, pero al mismo tiempo es clave poder afinar aún más los criterios de focalización poblacional con respecto a características de pobreza, miseria o vulnerabilidad.

Está claro que la capacidad institucional y presupuestal es limitada, no obstante, el esquema de atención de puntos fijos de atención a la población mayor puede combinarse con servicios a poblaciones en sectores dispersos con oferta focalizada que no implique infraestructura, pero sí una oferta cercana, que puede ser periódica en puntos clave de la ciudad para no restar accesibilidad a la oferta

Es relevante poder ampliar la oferta en los sectores con menos cupos por cada 100 adultos mayores, utilizando criterios espaciales y en segundo lugar criterios poblacionales para su focalización. En este documento se realizó un ejercicio meramente técnico en el que se pueden aproximar los resultados de un incremento en la oferta de atención, sin embargo, es necesario tener presente que la ampliación de estos servicios depende de también de otros factores normativos, económicos, entre otros.

Referencias

- Alcaldía de Barranquilla. (2020). Centros de Vida para el adulto mayor. *Secretaría Distrital de Gestión Social*.
- Alvarado, J., Gelvez, L., Quintero, R., & Monroy, L. (2018). Balance de la accesibilidad de los servicios de atención primaria en salud en la ciudad de Barranquilla para los años 2007 y 2018. *Alcaldía de Barranquilla, Gerencia de Desarrollo de Ciudad*.
- Cazabal, L. (2011). Un caso sobre localización de instalaciones para una empresa distribuidora de motores en Méxioc. *UAP*.
- DANE. (2020). Estadísticas de pobreza y desigualdad .
- Garrocho, C., & Campos, J. (2006). Un indicador de accesibilidad a unidades de servicios clave para ciudades mexicanas: fundamentos, diseño y aplicación. *Economía, Sociedad y territorio*.
- Hakimi, S. (1965). Optimum distribution of switching centers in a communication network. *Operations Research, Volume 13*, 462-475.
- Led, S. (2018). Problemas de la p-mediana, aplicación. *Universidad de Zaragoza*.
- OMS. (2007). Ciudades Globales Amigables con los mayores: Una guía.
- Pérez, G. J. (2015). Accesibilidad geográfica a los servicios de salud: un estudio de caso para Barranquilla. *Sociedad y Economía, No 28*.
- Pinto, G. (2016). Población y Salud en mesoamérica. *Universidad de Costa Rica*.
- Wang, F. (2015). Quantitative Methods and Socio-Economic Applications in GIS. *Boca Raton: CRC Press*.

Anexos

p – mediana

En el siglo XVII, Pierre de Fermat, matemático francés planteó el problema en el que, dado un triángulo, se buscaba un punto en el plano tal que la suma de las distancias euclídeas desde cada vértice hasta el punto fuera mínima. Pero fue a principios del siglo XX cuando surge el primer problema de localización por Alfred Weber, quien añadió al problema formulado anteriormente ponderaciones en cada uno de los tres vértices para simular así la demanda de los clientes (Led, 2018). A principios de la década de 1960, Hakimi (1965), desarrolló problemas similares para encontrar medianas en una red. Denominó "mediana absoluta" al punto que minimiza la suma de las distancias ponderadas entre ese punto y los vértices del grafo, proporcionando así una representación discreta de un problema continuo.

El modelo p-mediana encuentra la ubicación de p puntos de servicio de modo que se minimice la distancia total entre los nodos de demanda (secciones) y la instalación a la cual son asignados (punto de suministro de alimentos frescos). El objetivo principal es que, a partir de un número de puntos seleccionado, se minimicen las distancias totales entre estos y la demanda, expresado en la siguiente formula:

$$\text{Min } \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_{ij} c_{ij} \quad (4.0)$$

Donde (c_{ij}) representa la distancia ponderada por la fracción de demanda (x_{ij}) y se encuentra sujeta a las siguientes restricciones:

$$\text{s. a. } \sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (4.1)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{jj} = p \quad (4.2)$$

$$x_{ij} \leq x_{jj}; \quad i, j = 1, 2, \dots, n; \quad i \neq j \quad (4.3)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\}; \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (4.4)$$

La restricción (4.1) asegura que cada nodo de demanda es asignado a una mediana, en tanto que la restricción (4.2) garantiza que se seleccionen exactamente las p localizaciones. La restricción (4.3) afirma que los nodos de demanda se asignen a un punto de servicio solo si este ha sido seleccionado y el conjunto de restricciones (4.4) especifican que todas las variables de decisión son binarias.

