

FASE 1: DE UN SISTEMA REAL A UN MODELO

La evaluación de esta fase se llevará a cabo en una cita formal del grupo con su mentor, en la cual tendrán 10 minutos para realizar una presentación técnica que incluya el desarrollo de este enunciado. La fecha límite para realizar la presentación es el día **JUEVES 26 de SEPTIEMBRE a las 5:00 pm.**

La presentación debe contener: **objetivos, análisis de datos, aplicación de modelos para representar la situación descrita, medidas de desempeño del sistema, respuesta a las preguntas de interés para el negocio, validación de las medidas de desempeño, conclusiones.**

Programación de operaciones de mantenimiento de los sistemas de alcantarillado en Bogotá

De acuerdo con la estimación poblacional realizada por el DANE, Bogotá pasará de haber tenido cerca de 700,000 habitantes en el año 1951 a tener más de 8 millones de habitantes para el año 2020 (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2018); de los cuales la mayor parte residirán en zonas urbanas (99.8%). Debido a este rápido crecimiento demográfico y al creciente aumento de la tasa de migración hacia la capital, se ha generado un proceso de urbanización no controlada ni planificada en la ciudad. Lo anterior, ha generado una mayor tasa de escorrentía y transporte de residuos sólidos que, a su vez, causan bloqueos y desbordamientos en los sistemas de alcantarillado (Fletcher, T., et al., 2013).

Los bloqueos de los sistemas de alcantarillado ocasionados por la acumulación de sedimentos y residuos sólidos en la red de tuberías son uno de los tipos de fallas más comunes (Rodríguez, J., et al., 2012). Cuando se presentan estos bloqueos en las tuberías, se generan desbordamientos e inundaciones que pueden interrumpir otros servicios públicos generando así problemas económicos, sociales y ambientales. Se ha estimado que en Bogotá cada hora se extraen hasta 22.5 toneladas de residuos sólidos del sistema de alcantarillado con el fin de reducir el número de bloqueos y desbordamientos (Gonzalez, A., 2017). No obstante, estos esfuerzos no son suficientes para erradicar las fallas presentadas en el sistema debido a restricciones de tiempo y presupuesto, y a la incertidumbre inherente en la lluvia y otros eventos que pueden aumentar la vulnerabilidad del sistema. Por lo tanto, se requiere realizar un diagnóstico del funcionamiento actual del sistema de alcantarillado de la ciudad.

La Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB) está interesada en analizar el deterioro y los costos de mantenimiento realizados a la infraestructura del sistema de alcantarillado de la ciudad. Para llevar a cabo este análisis, se tendrá en cuenta la división espacial de la ciudad, propuesta por esta entidad. Por razones operativas, la EAAB ha dividido la ciudad en cinco zonas como se puede ver en la Figura 1. Cada zona se gestiona de manera independiente y cuenta con personal propio encargado de realizar las operaciones correspondientes al mantenimiento.

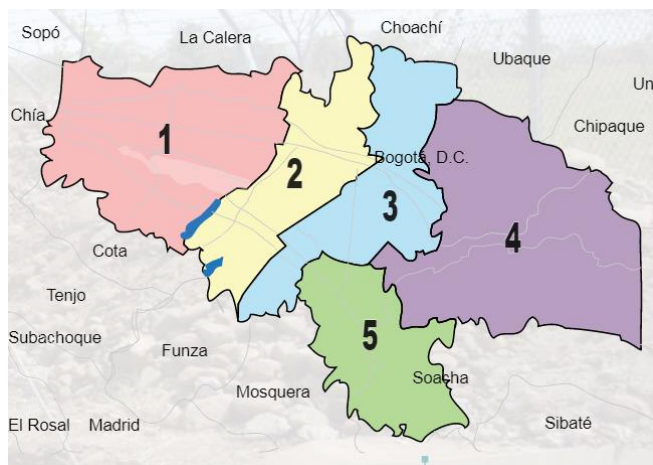


Figura 1 Distribución operativa Bogotá. Tomado de:
<https://studylib.es/doc/4901314/plegable-eaab---secretar%C3%ADa-distrital-del-h%C3%A1bitat>

Para analizar el deterioro de la red de alcantarillado en la ciudad, Rodríguez, J., et al. (2012) propusieron dividir cada zona espacialmente en un conjunto de celdas de igual tamaño. Toda la infraestructura presente en una celda se considera un solo sitio susceptible de fallas. En la Tabla 1 se presenta el número de celdas en cada zona de la ciudad.

Tabla 1 Número de celdas por zona

Zonas operativas	Número de celdas
Zona 1	1,048
Zona 2	920
Zona 3	917
Zona 4	904
Zona 5	861

Ahora bien, cada zona cuenta con 24 equipos de tres operarios cada uno para realizar las labores de mantenimiento. Los 24 equipos se reparten en igual número para cubrir tres turnos de ocho horas y brindar atención permanente a eventuales fallas. Cuando una celda presenta una falla se envía únicamente a un equipo para realizar el mantenimiento. Cuando el equipo termina el mantenimiento, la celda queda en óptimas condiciones.

En cada zona, toda la infraestructura de alcantarillado tiene la misma antigüedad y la relación entre caudal y diámetro de las tuberías es homogénea en la red. Adicionalmente, un informe realizado por expertos acerca del funcionamiento del sistema de alcantarillado en Bogotá afirma que el proceso de deterioro de la infraestructura no varía significativamente dentro de cada zona, pero sí puede variar entre zonas. Lo anterior permite suponer que las celdas de cada zona se comportan de la misma manera. Por otro lado, cada celda cuenta con un sensor de monitoreo en tiempo real que permite medir el flujo de agua a través de los sistemas de alcantarillado y reportar fallas en el sistema para su pronta intervención (mantenimiento). En el archivo *Datos Históricos Bogotá.xlsx* se encuentra el registro (fecha y hora) de falla de diferentes celdas captado por los sensores para los últimos 2 años en cada

zona y los registros del tiempo que les ha tomado a los equipos de mantenimiento reparar celdas en cada una de las zonas.

Con base en la información anterior, la EAAB desea que su grupo consultor describa, analice y concluya acerca del comportamiento de las fallas en la red de alcantarillado en cada zona. Para esto, es necesario conocer el número promedio y la varianza de celdas dañadas en cada zona en el largo plazo.

Por otro lado, para la EAAB es de interés conocer el costo mensual promedio en el que incurrirá en el largo plazo por concepto de mantenimiento en toda la ciudad. Este costo debe tener en cuenta los siguientes rubros:

- Salario de un operador: este costo corresponde al dinero que recibe un operador por cada hora trabajada, independientemente si está o no realizando labores de mantenimiento en alguna celda.
- Costo de falla: este costo está asociado al dinero que deja de percibir la entidad por cada hora que una celda se encuentre fallando.
- Costo de monitoreo: la entidad debe incurrir en este costo por cada hora en el que un sensor se encuentre funcionando. Cuando el sensor de una celda haya reportado un aumento significativo en el caudal del agua (falla), este inmediatamente se apagará hasta que el equipo de mantenimiento termine sus labores. Una vez la celda quede en óptimas condiciones, el sensor inmediatamente volverá a monitorear su flujo de agua.
- Costo de mantenimiento: la entidad debe incurrir en este costo por cada hora que un mantenimiento esté siendo realizado en toda la red de alcantarillado de la ciudad. Tenga en cuenta que la EAAB no realiza mantenimientos preventivos, es decir, solo cuando un sensor de una celda reporte una falla se emite la orden de mantenimiento.

La Tabla 2 presenta estos los rubros junto con su costo en COP.

Tabla 2 Costos por rubro

Descripción	Costos (COP)
Salario de un operador	3,920
Costo de falla	3,502
Costo de monitoreo	20
Costo de mantenimiento	6,023

Por otro lado, La Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (Superservicios) aplica una sanción cuando en una zona hay más de 25 celdas dañadas. Así, la EAAB debe pagar \$7,837 por hora por cada celda dañada por encima del límite permitido. Por ejemplo, cuando en la zona 2 hay 28 celdas dañadas, la EAAB incurrirá en una multa por las 3 celdas adicionales, y esta multa será en total de \$23,511 por cada hora que el número de celdas dañadas sea 28. Tenga en cuenta que si en una zona no se supera este límite (25) la EAAB no incurre en ninguna multa.

En la hoja *Validación* del archivo *Datos históricos Bogotá.xlsx* se encuentran la multa más los costos totales mensuales en los que ha incurrido la entidad en los últimos años. Su grupo consultor deberá validar sus resultados con los consignados en este archivo

Adicionalmente, la EAAB está interesada en estimar el número de celdas afectadas en cada zona en el mes siguiente. Para esto, es necesario contar con la distribución, el valor esperado y la varianza del número de celdas que estarán afectadas al inicio del siguiente mes. Lo anterior, con el fin de planear los equipos de mantenimiento requeridos, así como el presupuesto destinado para el mismo. Por último, se debe estimar para cada zona la probabilidad de que al inicio del siguiente mes la red de alcantarillado pase de tener todas las celdas en perfecto estado a tener más de 45 celdas afectadas. Tenga en cuenta que a las 6:00 a.m. de hoy 1 de agosto todas las celdas se encuentran funcionando en cada zona.

Nota: Considere que un mes tiene 30 días

Análisis y evaluación de los niveles de salud mental en los colegios colombianos

En Colombia el porcentaje de personas que son atendidas al menos una vez en los servicios de salud mental por año ha aumentado aproximadamente un 60% en los últimos 10 años. Para el 2017, el 30% de la población atendida en el sistema de salud tuvo al menos una consulta por salud mental (MinSalud, 2017). Dadas las características de estas enfermedades, que pueden pasar desapercibidas por los pacientes, sus familiares y sus médicos tratantes; su prevención, diagnóstico y tratamiento se ha vuelto un problema fundamental para la salud pública en Colombia.

Como respuesta a la problemática presentada, el Ministerio de Salud y Protección Social (MinSalud) ha desarrollado programas de evaluación y análisis de ciertas enfermedades mentales, sobre todo en los sectores de la población más propensos a sufrir de ellas. Una de las poblaciones más proclives a presentar rasgos y tendencias relacionadas con alguna enfermedad mental son los escolares de primaria y secundaria, debido a las dinámicas sociales y académicas que los estudiantes pueden experimentar en los colegios. De acuerdo con la Encuesta Nacional de Salud Mental del 2015¹ (ENSM), el 7.1% de los niños describe haber sido víctima de abusos o maltrato físico o psicológico por compañeros de la escuela; el 7.8% describe molestar o agredir repetidamente a otros niños, y un 3.1% de la población infantil ha cambiado de institución escolar más de 3 veces (MinSalud, 2015); factores de riesgo que pueden causar un estrés excesivo en los jóvenes volviéndolos más propensos a desarrollar una enfermedad mental.

Los trastornos de ansiedad, trastornos por déficit de atención e hiperactividad, la depresión y el trastorno bipolar son las enfermedades mentales más comunes en escolares. Los principales síntomas de estas enfermedades son cambios de ánimo repentinos y presencia de sentimientos intensos (Mayo Clinic, 2018). Con el fin de detectar estas enfermedades de manera temprana, es necesario monitorear cuando los niños y adolescentes expresan sentirse ansiosos, angustiados, estresados, deprimidos, entre otros; así como cambios de ánimo de rasgo bipolar. Dados los altos costos de tratamiento tardío y costos sociales indirectos de las enfermedades mentales, el MinSalud considera fundamental estudiar las dinámicas de presentación de los síntomas mencionados para un estudiante representativo a nivel nacional. De esta manera, se realizaron entrevistas a 500 estudiantes que asisten a diferentes

¹ Para más información consulte la Encuesta Nacional de Salud Mental del año 2015:

http://www.odc.gov.co/Portals/1/publicaciones/pdf/consumo/estudios/nacionales/CO031102015-salud_mental_tomoI.pdf

instituciones escolares representativas del país, para registrar la presencia y gravedad de los síntomas mencionados anteriormente. Para cuantificar la gravedad sintomática de cada estudiante se definieron cuatro niveles de medición: *Ausencia, presencia leve, presencia moderada y presencia alarmante*. En el archivo *DatosEstudiante.xlsx* se encuentra el registro de las encuestas realizadas a estudiantes a nivel nacional durante el último periodo escolar.

Debido a las consecuencias negativas que las sintomatologías anteriormente mencionadas pueden ocasionar en el estudiante, el MinSalud desea intervenir las instituciones educativas pertinentes para impedir o mitigar el desarrollo de dichos síntomas y sus causas. Se ha identificado que los niños y adolescentes se ven afectados e influenciados por las condiciones de su entorno, por lo que el MinSalud ha determinado que, adicional al monitoreo personal, se debe realizar una evaluación de la calidad del entorno psicológico de cada institución. El MinSalud en colaboración con el Ministerio de Educación (MinEducación) han definido una métrica sencilla para categorizar la calidad del entorno psicológico de las instituciones como *Crítica, Mala, Regular y Buena*.

Con el fin de obtener mediciones representativas a nivel nacional y regional, el MinSalud ha realizado una desagregación geográfica a nivel regional y ha dividido la población del país en cinco regiones: Atlántica, Oriental, Central, Pacífica y Bogotá, cuya distribución se muestra en la Tabla 3. De esta manera, el MinEducación ha seleccionado diez instituciones educativas representativas de cada una de las regiones mencionadas y ha suministrado la información de la calificación obtenida durante las 41 semanas de evaluación. Las instituciones pertenecientes a una misma región tienen características similares en aspectos como tamaño, número de estudiantes, cuerpo docente, entre otras, por lo que según los estudios realizados por el MinEducación estos colegios presentan el mismo comportamiento. En el archivo *DatosColegios.xlsx* se encuentra el registro de la clasificación semanal de los colegios observados durante el último año escolar.

Tabla 3. Departamentos por región

Región	Departamento
Atlántica	Atlántico, Bolívar, Cesar, Córdoba, La Guajira, Sucre, Magdalena, San Andrés y Providencia
Oriental	Boyacá, Meta, Putumayo, Cundinamarca, Casanare, Amazonas, Guainía, Guaviare, Vaupés, Vichada, Santander, Norte de Santander, Arauca
Central	Antioquia, Caquetá, Caldas, Quindío, Risaralda, Tolima, Huila
Pacífica	Cauca, Valle del Cauca, Nariño, Chocó
Bogotá	Bogotá

En cada visita de evaluación institucional se hace una revisión del nivel de salud mental a una cantidad representativa de estudiantes para determinar la clasificación actual del colegio. Según la clasificación que obtenga el colegio, este deberá realizar una intervención al programa de acompañamiento psicológico del mismo, o recibirá incentivos por parte de MinSalud para realizar talleres de salud mental y buenas prácticas de convivencia. En la Tabla 4 se presenta el incentivo y el valor del costo de intervención percibe la institución educativa por estar en cada uno de los niveles de clasificación.

Tabla 4. Incentivo por nivel

Calidad	Incentivo (COP)	Costo (COP)
Buena	4,500,000	0
Regular	0	100,000
Mala	0	500,000
Crítica	0	2,500,000

Debido a la importancia que presenta el análisis de los comportamientos tanto del nivel de salud mental de los estudiantes como de las instituciones educativas, el MinEducación y el MinSalud han contratado los servicios de su grupo consultor para realizar las siguientes actividades.

Primero, el MinSalud desea conocer la probabilidad de que un estudiante presente cada uno de los niveles de medición de sintomatología después de diferentes momentos del año escolar. Para esto, suponga que la proporción de estudiantes que presenta cada nivel al iniciar el año escolar es la misma. Así, el MinSalud desea conocer el valor de dicha probabilidad después de la primera semana, del primer mes, de los 6 meses y por último después del final del periodo escolar

Segundo, MinSalud desea conocer cómo evoluciona la probabilidad de que un estudiante presente cada uno de los diferentes niveles de gravedad sintomática asociados a una enfermedad mental si actualmente se conoce que dicho estudiante no presenta ningún síntoma. Lo anterior, puesto que se especula que dichas probabilidades son difíciles de pronosticar debido a su alta variabilidad a lo largo del periodo escolar y se desea hacer una intervención temprana a las sintomatologías respectivas.

Tercero, con respecto a la evaluación institucional, y de acuerdo con la política establecida de realización de talleres sobre salud mental o intervenciones realizadas al programa de psicología del colegio, se desea conocer el impacto monetario en el largo plazo que tienen dichas intervenciones sobre la institución educativa si se conoce que las evaluaciones mencionadas se realizan de manera semanal.

Cuarto, el MinSalud y el MinEducación han establecido que cada dos evaluaciones realizadas al colegio, el comité administrativo y académico deberán asistir a sesiones de reflexión y aprendizaje con el fin de mejorar las condiciones actuales de la institución. La Tabla 55 muestra el número de sesiones a las que debe asistir el comité, dependiendo de la clasificación en la que se encuentre el colegio al momento de la evaluación quincenal. El MinEducación desea conocer el número promedio de sesiones a las que deberá asistir el comité académico de un colegio representativo de cada región durante el primer bimestre de actividades del próximo periodo, si actualmente todos los colegios se encuentran en una clasificación *buena*.

Tabla 5. Número de sesiones por nivel

Calidad	Sesiones
Buena	0
Regular	1
Mala	3
Crítica	5

Quinto, se ha identificado que la deserción escolar está relacionada con la sintomatología de enfermedades mentales, por lo que al finalizar el periodo escolar si un estudiante si encuentra en la categoría de *presencia alarmante* de sentimientos problemáticos decidirá abandonar la institución educativa a la que pertenece. Esto no solo representa una pérdida monetaria para la institución, sino una disminución de la calidad de vida del estudiante y una posible pérdida de capacidad laboral para el país. Una forma de prevenir la deserción debida a la presencia de sentimientos intensos y cambios de ánimo repentinos es realizar sesiones de acompañamiento a los estudiantes a cargo de representantes del MinSalud cubiertas en su totalidad por el colegio. Si la institución brinda dichas sesiones de acompañamiento, el estudiante no abandonará sus estudios y permanecerá dentro de la institución. Por lo anterior, se desea conocer cuál es el costo esperado de deserción si la institución decide no hacer el acompañamiento a un estudiante bajo este contexto, así como si efectivamente decide financiar dicho acompañamiento.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**⁶ se presentan los costos en los que incurrirá la institución educativa por cada estudiante. De acuerdo con esto, su grupo consultor debe realizar una recomendación formal al MinEducación sobre la política de acción que debe establecer para las instituciones educativas que presenten esta situación.

Tabla 6. Costos

Rubro	COP/estudiante
Abandono	4,300,000
Acompañamiento	6,200,000

Por último, con la información proporcionada anteriormente, el MinSalud y el MinEducación le han pedido que desarrolle un modelo que le permita analizar la evolución de la sintomatología de enfermedades mentales de un estudiante. Utilice la información disponible en el archivo *ValidaciónCosto.xlsx* que contiene la estimación realizada por otros grupos de consultoría, del costo de abandono de un estudiante a nivel nacional, para validar su modelo.

Nota: Considere que una semana tiene 5 días, un mes tiene 4 semanas y un periodo escolar tiene 10 meses.

Referencias

- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2018). *Análisis demográfico y proyecciones poblacionales de Bogotá*. Obtenido de http://www.sdp.gov.co/sites/default/files/demografia_proyecciones_2017_0_0.pdf
- Gonzalez , A. (2017). *Distrito tiene que sacar hasta 2,2 toneladas de basura cada hora*. (E. Tiempo, Ed.) Obtenido de <https://www.eltiempo.com/bogota/sacan-basura-que-cause-encharcamientos-en-bogota-142944>
- Mayo Clinic . (2018). *Salud de los niños*. Obtenido de <https://www.mayoclinic.org/es-es/healthy-lifestyle/childrens-health/in-depth/mental-illness-in-children/art-20046577>

- Minambiente. (s.f.). *Los Incendios Forestales*. Obtenido de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la República de Colombia:
<http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=428:plantilla-bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistematicos-23>
- MinSalud. (2015). *Encuesta Nacional de Salud Mental*. Obtenido de
http://www.odc.gov.co/Portals/1/publicaciones/pdf/consumo/estudios/nacionales/CO031102015-salud_mental_tomol.pdf
- MinSalud. (2017). *Observatorio de Salud Mental*. Obtenido de
<http://rssvr2.sispro.gov.co/ObsSaludMental/>
- Rodríguez , J., McIntyre, N., Diaz Granados, M., & Maksimovic, C. (2012). A database and model to support proactive management of sediment-related sewer blockages. *Water Research*, 56 (15), 4571-4586.
- UAECOB. (2010). *Análisis de la ocurrencia de incendios forestales en Bogotá D.C., durante el fenómeno del niño 2009-2010*. Obtenido de Secretaría Distrital de Ambiente:
http://ambientebogota.gov.co/c/document_library/get_file?uuid=946af56c-385b-4cb6-aa64-f40f26862c5b&groupId=10157