

DISEÑO DEL AERÓDROMO ANEXO AL AEROPUERTO INTERNACIONAL EL DORADO LUIS CARLOS
GALÁN SARMIENTO COMO ALTERNATIVA A LA MOVILIDAD AÉREA PARA VUELOS NACIONALES
REPERCUTIENDO EN LA MEJORA DE LAS OPERACIONES DEL AEROPUERTO PERALES EN LA
CIUDAD DE IBAGUÉ.

DIEGO FERNANDO CETINA GUZMAN
GERMAN DAVID MONDRAGON MONTOYA
YERALDIN SOTO CASTRO

UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA
CAMPUS IBAGUÉ ESPINAL
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVILIBAGUÉ
2022



DISEÑO DEL AERÓDROMO ANEXO AL AEROPUERTO INTERNACIONAL EL DORADO LUIS CARLOS
GALÁN SARMIENTO COMO ALTERNATIVA A LA MOVILIDAD AÉREA PARA VUELOS NACIONALES
REPERCUTIENDO EN LA MEJORA DE LAS OPERACIONES DEL AEROPUERTO PERALES EN LA
CIUDAD DE IBAGUÉ.

DIEGO FERNANDO CETINA GUZMAN
GERMAN DAVID MONDRAGON MONTOYA
YERALDIN SOTO CASTRO

Análisis de literatura

Directores:

Humberto González Mosquera
M. Sc en Infraestructura Vial
Iván Camilo Lombana
Ph. D. en Matemáticas

UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA
CAMPUS IBAGUÉ-ESPINAL
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
IBAGUÉ
2022



CONTENIDO

1. RESUMEN.....	6
2. INTRODUCCIÓN	7
3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	8
4. JUSTIFICACIÓN.....	9
5. OBJETIVOS.	11
5.1. OBJETIVO GENERAL.	11
5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	11
6. MARCO TEÓRICO.	12
6.1. ANTECEDENTES.....	12
6.2. MARCO NORMATIVO	13
6.3. MARCO GEOGRÁFICO	14
7.METODOLOGÍA.....	16
7.1. ESTUDIO DE LA POBLACIÓN Y EL AUMENTO DEL VOLUMEN DE PASAJEROS.	16
7.2. APLICACIÓN DE LA NORMATIVIDAD PARA ESCOGER UN TRAZADO ADECUADO.....	16
7.4. FASE CREATIVA.	16
7.5. DISEÑO DEL AERÓDROMO	16
8.RESULTADOS	17
8.1. Corrección de longitud y cálculo de franjas	21
8.2. Áreas de seguridad de pista	22
8.3. Calles de rodaje.	24
8.4. Cálculo del pavimento del Aeródromo	28
8.5. Cálculo del Drenaje de la pista	33
8.6. Proyección de vuelos Aeropuerto Perales Ibagué- Aeropuerto el Dorado Bogotá.....	34
9. CONCLUSIONES.....	39
10. RECOMENDACIONES.	40
11.BIBLIOGRAFÍA.....	41
12.ANEXOS	44

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Resumen pronóstico de estado de tiempo IDEAM	15
Tabla 2. Claves de referenciación de Aeródromo.....	19
Tabla 3. Anchuras en el tren de aterrizaje principal (Outer main gear wheel span)	20
Tabla 4. Referencias del AIP Aeropuerto Internacional el Dorado Bogotá	21
Tabla 5. Dimensionamiento de las franjas según la OACI.....	22
Tabla 6. Medidas del RESA.....	23
Tabla 7. Declaración de medidas	24
Tabla 8. Diseño calle de rodaje punto de espera.....	25
Tabla 9. Diseño calle de rodaje 90°	27
Tabla 10. Aforo de salidas de aeronaves del Aeropuerto Internacional el Dorado en el 2019 ...	30
Tabla 11. Especificaciones de las capas de la estructura del pavimento	31
Tabla 12. Diseño del pavimento flexible de la pista.	32
Tabla 13. Proyección de crecimiento de vuelos de salida	33
Tabla 14. Declaración de pendientes de drenaje de la pista.....	34
Tabla 15. Número de despegues anuales en el aeropuerto Perales	35
Tabla 16. Proyección de despegues para el periodo de diseño del aeropuerto Perales	37

LISTA DE IMÁGENES

Ilustración 1. Ubicación de la pista.....	14
Ilustración 2. Dirección de los vientos	15
Ilustración 3. Airbus A-321 Avianca.....	17
Ilustración 4. Cálculos de pista Relación Peso de despegue vs Longitud de pista.....	18
Ilustración 5. Dimensiones del Airbus A-321	20
Ilustración 6. Perfil longitudinal de las pistas pre existentes del Aeropuerto el Dorado.	22
Ilustración 7. Determinación de las distancias declaradas.	24
Ilustración 8. Diseño calle de rodaje para puntos de espera.	25
Ilustración 9. Calle de rodaje de 90°.....	26
Ilustración 10. Diseño calles de salida rápida 45° respecto al eje de pista y la calle de rodaje...	27
Ilustración 11. Ubicación y emplazamiento del proyecto.....	28
Ilustración 12. Gráfica Obtención del CBR por el método del percentil	29
Ilustración 13. Plataforma de datos Aeronáutica Civil del Aeropuerto el Dorado	30
Ilustración 14. Esquema de la sección transversal del espesor del pavimento flexible	32
Ilustración 15. Diseño de drenaje a la sección transversal de la pista.....	34
Ilustración 16. Aeropuerto Nacional Perales	35
Ilustración 17. Operaciones anuales del 2016-2022 del Aeropuerto Perales.....	36
Ilustración 18. Tráfico aéreo según la hora	36
Ilustración 19. Diseño del aeródromo Anexo al Aeropuerto Internacional el Dorado.	38

1. RESUMEN

El aeropuerto internacional el Dorado, ha sido de los mejores hasta el momento, el número tres a nivel de infraestructura y capacidad internacional. Con el fin que el crecimiento económico del país no afecte el rendimiento operativo del aeropuerto, por ello se plantea un aeródromo anexo paralelo al existente que permita dicha operabilidad.

Para ello se desarrollan tres soluciones, dentro de las cuales se elige la más rentable, económica y que respete el medio ambiente utilizando el método multicriterio de selección, posteriormente a ello se realiza la trazabilidad del aeródromo que permita acaparar la capacidad de pasajeros en el 2042.

Se sigue la normativa del reglamento aeronáutico colombiano para poder diseñar todos los aspectos geométricos de la pista, analizando el tráfico aéreo a nivel nacional del aeropuerto internacional el dorado y relacionando esta mejora a la optimización de operaciones, disminución de demoras, mayor capacidad para afrontar irregularidades climáticas de otras ciudades destino y aumentar la capacidad de rutas a nivel nacional, como lo es el caso de la ruta Ibagué-Bogotá.

Palabras clave: Aeropuerto, RAC-14, aeródromo, pista.

2. INTRODUCCIÓN

Colombia posee uno de los aeropuertos más transitados de América Latina, ocupando el tercer puesto en tránsito aéreo, el Aeropuerto Internacional el Dorado localizado entre las localidades Fontibón y Engativá, en la capital del país. Con base a lo anterior, se genera la necesidad de plantear el diseño de la ampliación del Aeropuerto Internacional el Dorado, mediante el diseño de un aeródromo en la ciudad de Bogotá-Colombia, entre las localidades de Engativá y Fontibón, cercano al aeropuerto original que logre traer consigo la conexión entre ambas instalaciones. El proyecto consistirá en el diseño de una pista de longitud 2.100 metros, del aeródromo Anexo.

El Aeropuerto Internacional el Dorado será enlazado por una línea de metro subterránea al río Bogotá, es una obra de carácter público y su ejecución logrará satisfacer el volumen creciente de pasajeros a nivel nacional, resolviendo las problemáticas de seguridad operacional y movilidad aeroportuaria al no ser suficientes las terminales preexistentes.

La ampliación del aeropuerto a partir del aeródromo anexo al existente impactará de manera positiva en muchos ámbitos del país, ya que este proyecto generará que las aerolíneas de bajo costo sean atraídas a la capital y demás ciudades, especialmente para el caso de Ibagué. La llegada de mayor cantidad de aerolíneas de bajo costo mejora la movilidad aérea, es decir optimiza la calidad de viaje de las personas en trayectos que son cortos, generan baja en los tiquetes, 80% menor probabilidad de accidentes, lo cual resulta en la disminución de los embotellamientos del tráfico terrestre en las vías principales. En el tramo de la vía Ibagué - Bogotá, mejorando los tiempos de viaje de manera terrestre, la capacidad y nivel de servicio en las carreteras.

El Aeropuerto Internacional el Dorado con los incrementos de la demanda de pasajeros que se generan cada año, junto con el desarrollo económico- cultural del país y la ubicación tan central en el continente americano, se provee que se lograría subsanar el gran conflicto operativo por las congestiones aéreas existentes. Logrando optimizar la seguridad operacional, disminuir las demoras y tiempos de espera de los pasajeros por la congestión aeroportuaria, vuelos simultáneos, además, brindaría la capacidad suficiente para los usuarios futuros. La relevancia de este proyecto surge de la creciente demanda de pasajeros que viene aumentando en el aeropuerto internacional el Dorado, junto al desarrollo económico del país (Dinero, 2018). Actualmente hay varios proyectos que proponen una solución a este problema, a partir de un segundo aeropuerto en las ciudades cercanas, lo cual es poco rentable por cuestiones de dificultad de la operación.

3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.

Según la Aerocivil, en los últimos años el aeropuerto Internacional el Dorado ha tenido un crecimiento en la influencia de pasajeros, lo que ha generado una baja en su nivel de sostenibilidad ya que es un aeropuerto que cuenta con servicios de movilidad y carga tanto internacionales como nacionales.

Los espacios para aeronaves se han reducido ya que las aerolíneas han insertado más aviones y nuevas rutas obedeciendo al crecimiento de la demanda del volumen de vuelos tanto de carga como turísticos, trayendo consigo embotellamientos que disminuyen la eficiencia de las operaciones aeroportuarias y con ello aumentan tanto el tiempo de espera en los procedimientos check in, migración y sincronización de aviones en pista. (Beltrán Plazas, C. A, 2018).

Dentro de las causas del problema que se describe anteriormente, la instalación no fue diseñada para soportar el volumen de pasajeros que actualmente cuenta, capacidad de pistas de aeropuertos y congestión de tráfico aéreo (De los Ríos Vergara, A ,2008), es interesante que, aunque Colombia, país en vía de desarrollo posee producto interno bruto del 0.03% de aumento anual y con ello la posición estratégica ha traído consigo aún más personas al país (Banco Mundial, 2021). La poca capacidad del aeropuerto existente para afrontar el crecimiento de la demanda del tráfico aeroportuario ha mantenido al margen a la mayoría de las aerolíneas de bajo costo, lo cual hace que siempre las vías principales del país mantengan con congestiones constantes, es bastante evidente en la vía Ibagué a Bogotá, haciendo que con esto haya mayor cantidad de accidentes de tráfico y menos seguridad para que las personas viajen.

La falta de capacidad del aeropuerto, trae un problema de seguridad muy grande las cuales son las medidas de prevención contra accidentes, por consecuencia, conlleva a mayor cantidad de pasajeros aglomerados dentro de las instalaciones, sobrepasando la capacidad de personas y cuando se requiere la correcta movilidad y evacuación de las instalaciones, genera caos y poca practicidad siendo un enorme riesgo tanto para los pasajeros como para las demás personas del aeropuerto (*Los riesgos que más afectan a las copropiedades y cómo prevenirlos*, 2021).

4. JUSTIFICACIÓN.

Según el reporte de infraestructura generado por el grupo londinense Fitch solutions group, Colombia posee una infraestructura aeroportuaria en excelentes condiciones, calificada con 88.7 puntos sobre 100, teniendo Colombia a uno de los mejores aeropuertos internacionales de América Latina, Aeropuerto Internacional el Dorado, ubicado en la capital colombiana, Bogotá en el sector de Engativá. (Fitch, 2018)

El problema principal del aeropuerto va más allá de la calidad de su infraestructura, es su capacidad de satisfacer las necesidades de crecimiento del turismo en Colombia, como uno de los países con localización clave y central en Latinoamérica (Aerocivil, 2017)

De acuerdo con el repositorio de la Universidad Piloto, en apoyo con la Secretaría Distrital de Planeación, la Cámara de Comercio de Bogotá, la academia (representada en la Maestría en Gestión Urbana de la Universidad Piloto de Colombia) y la comunidad vecina del Aeropuerto (representada en la Mesa Aeroportuaria de Engativá),llevaron a cabo una investigación que plantea como el crecimiento exponencial de la economía en el país hará que de a poco la capacidad aeroportuaria se vea rebasada con respecto a la capacidad actual del aeropuerto el dorado (Universidad Piloto,2017).

Esto a comparación de las estadísticas obtenidas de la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI,2019), para el volumen de pasajeros tanto nacionales como internacionales, con cifras de 11.400.000 pasajeros anuales nacionales como suma máxima transitada de personas en el 2018;así como una cantidad de 500.000 pasajeros internacionales, lo cual incide que en el 2050 de acuerdo a la proyección generada un total de 33.669.607 vuelos nacionales y 15.107.864 vuelos internacionales, según este crecimiento se generan congestiones por la falta de capacidad requerida para permitir el correcto funcionamiento del aeropuerto y el correcto desarrollo de aerolíneas de tipo bajo costo en las diferentes ciudades de Colombia, especialmente en la ruta Ibagué-Bogotá.

Cuando se mencionan congestiones, se habla específicamente de las demoras generadas por interconexiones de vuelos nacionales a internacionales y viceversa debido a la cantidad de personas y el espacio a recorrer por los pasajeros del aeropuerto, junto del aumento el tiempo para los procesos del registro maletas, migración, entre otros, (Universidad Nacional de Colombia,2016).

El proyecto consiste en el diseño de una pista de longitud de 2.100 metros, un aeródromo y un aeropuerto 28.000 m² anexo comunicado con el aeropuerto base, aeropuerto internacional el dorado ,enlazado por una línea de metro subterránea al río Bogotá, es una obra de carácter público y su ejecución logrará satisfacer el volumen creciente de pasajeros a nivel nacional, resolviendo los problemas de seguridad operacional al no ser suficientes las terminales ya existentes en el aeropuerto con los incrementos de la demanda de pasajeros que se generan año tras año .

La realización de este proyecto apunta a la llegada de aerolíneas nuevas de bajo costo. Con el crecimiento económico y cultural del país y al contar con una ubicación tan central en el continente americano, se provee que el diseño de los elementos en mención lograría subsanar el gran conflicto operativo por las congestiones aéreas existentes (despegues y aterrizajes), logrando optimizar la seguridad operacional, disminuir las demoras y tiempos de espera de los pasajeros por la gestión aeroportuaria. Además, brindaría la capacidad suficiente a los usuarios futuros ya que lograría estabilizar el tráfico en las vías del país, como consecuencia de ello, la gente preferiría montar en avión, pagando un mejor precio, logrando mitigar los accidentes de tránsito, al ser un medio de transporte más seguro, atenuando la demanda de transporte terrestre. El ejecutar este proyecto con terminal anexa al aeropuerto base genera, un declive en la cantidad de vuelos a recibir por parte del aeropuerto principal, liberándose para recibir exclusivamente los vuelos internacionales, y de carga. (*Los riesgos que más afectan a las copropiedades y cómo prevenirlos*, 2021).

Este diseño beneficia a aeropuertos de tipo nacional como lo es el aeropuerto nacional Perales, aeropuerto tipo visual, ubicado en Ibagué, el cual según la Aeronáutica civil de Colombia tiene la mayoría de sus operaciones en Bogotá en el aeropuerto internacional el dorado. Cuenta con un promedio de 4 destinos anuales, de los cuales Bogotá representa el 70 % del tráfico aeroportuario de Ibagué, es razón por la cual este diseño permite utilizar las franjas horarias útiles para generar mayor cantidad de trayectos en la ruta Ibagué-Bogotá y Bogotá-Ibagué junto a un mejor flujo de operaciones que vayan a la par del crecimiento post pandemia.

5. OBJETIVOS.

5.1. OBJETIVO GENERAL.

Proponer el diseño del aeródromo anexo al aeropuerto Internacional El Dorado Luis Carlos Galán Sarmiento como alternativa a la movilidad aérea para vuelos nacionales influyendo la cantidad de operaciones del Aeropuerto Perales en la ciudad de Ibagué.

5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

1. Diseñar geométricamente la pista determinando las calles de rodaje para vuelos Nacionales con base al Reglamento Aeronáutico de Colombia, RAC 14.
2. Implementar los resultados del estudio de suelos referente a la zona de emplazamiento del proyecto.
3. Cuantificar la proyección de tránsito de aeronaves para la capacidad planeada de la pista a diseñar.
4. Calcular el diseño de la estructura del pavimento de la pista con su respectivo sistema de drenaje teniendo en cuenta la normativa del proceso constructivo.
5. Emplear el diseño del aeródromo anexo del Aeropuerto Internacional el Dorado para generar mayor oferta en la ruta Ibagué-Bogotá.

6. MARCO TEÓRICO.

6.1. ANTECEDENTES

El principal aeropuerto de Colombia, es el Aeropuerto Internacional el dorado . Este está ubicado en Bogotá, la capital del país, a unos 12 kilómetros al occidente del Centro Internacional de la ciudad , en las localidades de Engativá y Fontibón, en las coordenadas 4°42'05"N 74°08' 84"O. El mismo, ocupa un área aproximada de 6,9 km², actualmente se encuentra operado por la Operadora Aeropuerto Internacional -OPAIN S.A. (Opain S.A ,2018)

Ocupa el primer puesto en volumen de carga, el tercer aeropuerto más importante de América Latina en volumen de pasajeros, después del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México y el Aeropuerto Internacional de São Paulo. El aeropuerto se encuentra en una posición de gran estrategia, dado que se encuentra en la parte media del continente americano, lo cual logra facilitar conexión con todos los continentes, siendo de los motivos por los cuales presenta algunas de las mayores cifras de movilidad en lo que respecta a América Latina. En los últimos tres años se han registrado en promedio cifras de alrededor de 14.625.805 pasajeros a nivel nacional y de 31.760.003 internacionales. (Cámara de comercio,2005)

El edificio que hace parte de la terminal 1, cuenta con forma "h" y está dividido en dos muelles: el internacional y el nacional. El primero fue abierto en 2012. Posee diez puentes de abordaje, además cinco compartidos con el muelle nacional. (FMU,2008)

La Terminal 2 o T2 es el edificio conocido previamente como puente aéreo, para vuelos de la aerolínea Avianca.

Finalmente, está la terminal de carga T3, esta se encuentra Seccionada en tres muelles de carga, para atender los mayores volúmenes de carga (Aerocivil, 2017)

Actualmente se puede decir que el aeropuerto se encuentra cerca de copar su capacidad, debido a su estratégica posición, crecimiento de la demanda de pasajeros, y movimiento socio económico, tanto a nivel nacional como internacional, se pretende llevar a cabo obras que permitan ampliar su capacidad y así mismo optimizar sus operaciones, como se ha venido realizando desde las primeras obras de remodelación y ampliación ejecutadas del 2007 al 2017, con:

1. La ampliación del muelle internacional, con un área de 17.000 m² y tres niveles con área flotante para restaurantes, 14.000 m² netos de plataforma.
2. Ampliación del muelle nacional, 31.000 m², con cuatro niveles conectando el edificio por una pasarela, con dos posiciones de contacto y 20.500 m² de plataforma.
3. Se realizó la demolición del antiguo edificio y torre de control, liberando 38.000 m² de plataforma las cuales generaron 6 posiciones nuevas de contacto, realización de la pista norte, una repavimentación con construcción de calles de salida rápida, obras pista sur, con nuevas calles de rodaje, para la descongestión de tráfico, construcción de vías perimetrales. (Cámara de comercio, 2005)

6.2. MARCO NORMATIVO

El Reglamento Aeronáutico De Colombia – RAC 14

Contiene una clase de normas organizadas por la Unidad Administrativa especial de la Aeronáutica civil, suscrita en Chicago de 1944 en donde se ven involucrados todos los estados para poder tener una regulación de manera unánime y así mismo métodos de creación de aeródromos.

El anexo 14 del reglamento consiste en llevar a cabo el cumplimiento de parámetros internacionales en los cuales se encuentra clasificar los aeródromos y determinar los requisitos para cada uno de ellos. (RAC 2014)

El departamento de aeródromos, rutas aéreas y ayudas terrestres reconocieron la necesidad de brindar un manual de diseño de aeródromos debido a unas recomendaciones que se presentaron en una reunión acordada por estas organizaciones, teniendo en cuenta que se debía de presentar revisiones temporáneas y adicionar información acertada.

Después de haber tenido una revisión, el manual de diseño fue dividido en tres partes: manual de servicio de aeropuertos, manual de diseño de aeródromos y manual de planificación de aeropuertos. En el manual de diseño de aeródromos se encuentra todo el diseño geométrico de las pistas y todos los parámetros y elementos acordes a los aeródromos que se deben de precisar para su creación. En los textos incluidos de este manual, se relacionan con el anexo 14 de del RAC lo cual facilita una mejor aplicación del Anexo 14.

El manual cada vez se amplía más debido a los parámetros adicionales que se han ido proponiendo, y se espera que se siga extendiendo ya que cada vez son más los comentarios y sugerencias que recitan las personas que siempre se basan en el manual. (RAC 2014)

6.3. MARCO GEOGRÁFICO

La ubicación de la zona de Aeropuerto en mención se encuentra colindando con la cuenca del Río Bogotá. Es importante el punto de vista de este sector que se relaciona con la cercanía con la Sabana de Bogotá, es importante hacer hincapié en lo cercano que están los cerros orientales, con cercanía a los valles del Magdalena y Sumapaz.

Colombia se encuentra ubicada en la zona del ecuador, la ciudad de especial interés, Bogotá al estar en esta zona posee un comportamiento de carácter "bimodal", es decir, dos temporadas que más llueve ("inviernos") y dos de menos lluvias ("veranos") (SGC, s. f.)

Ilustración 1. Ubicación de la pista



Fuente: Google earth, 2021

Otros de los aspectos más importantes dentro de lo que tiene que ver la esquematización del aeródromo es:

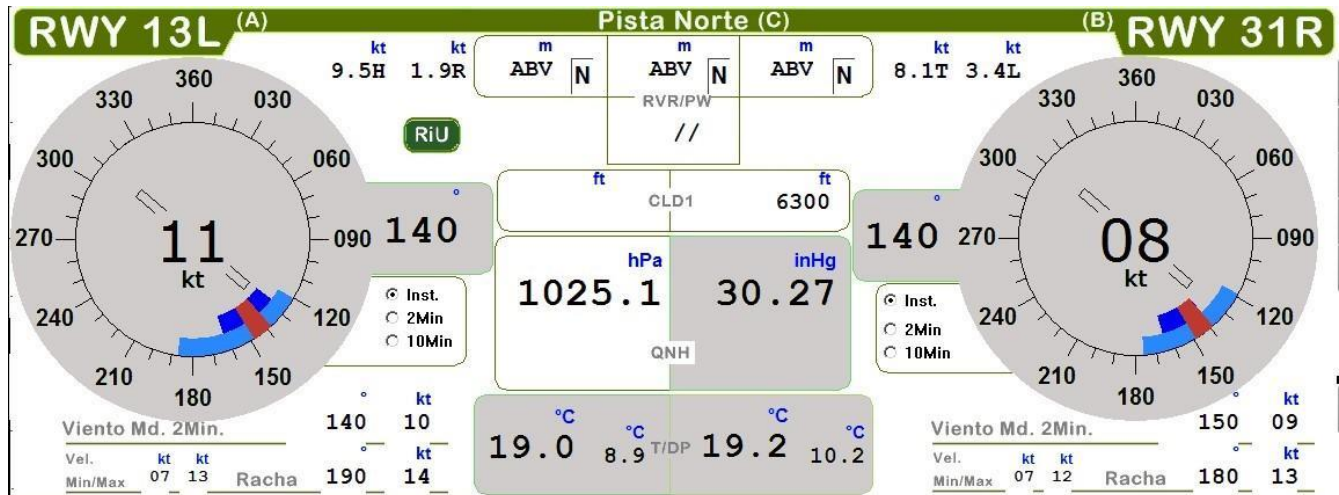
Usualmente se cuenta con una Temperatura de 19°C dentro de la media, usualmente se mantiene dentro de la media anual y no presenta grandes cambios. La dirección del viento es igual para ambos umbrales 140°0'00'', lo cual indica lo óptimo de la dirección

del viento para operaciones aéreas en el Aeropuerto Internacional el Dorado anexo, porque van en dirección similar (viento a favor) al sentido de las pistas (13L /31R).

Las direcciones que posee el viento van en dirección Noreste, con un 19%, posteriormente en dirección Este con 14%, el diseño tuvo en cuenta el factor predominante de direcciones para que las operaciones continúen con normalidad.

La importancia del viento es alta, para lograr organizar la simultaneidad de los vuelos y capacidad de pista, además de la cantidad de la altura topográfica de ubicación del aeropuerto aumenta la incertidumbre de los vientos.

Ilustración 2. Dirección de los vientos



Fuente: UNAD 2015

El suelo de las zonas de Engativá y Fontibón, se encuentran ocupadas por tres diferentes tipos de suelo, planicie aluvial, piedemonte y zona quebrada, para poder estudiar las características de los suelos, en esta sobresale la planicie aluvial, dentro de la cual hay una subdivisión de cuatro zonas geomorfológicas, de las cuales la Zona Geomorfológica III, es de interés para este proyecto al colindar con el epicentro del proyecto, con morfología totalmente plana, con un tipo de suelo limo arcilloso (Universidad Santo Tomás,2017)

Tabla 1. Resumen pronóstico de estado de tiempo IDEAM

Aeropuerto Internacional elDorado BOG					
Latitud. 04°43' N Longitud. 74° 09' W Altitud. 2.547m					
Umbral	Temperatura (c°)	Direccion viento (g°)	Velocidad viento (kt)	Techo nubes (ft)	Visibilidad (km)
13L	19	140	11	-	> 10
31R	19.2	140	8	6300	> 10

Fuente: IDEAM meteorología aeronáutica

7.METODOLOGÍA.

Para la ejecución del diseño se realizaron diferentes fases.

7.1. ESTUDIO DE LA POBLACIÓN Y EL AUMENTO DEL VOLUMEN DE PASAJEROS.

A partir de la recolección de datos obtenida por la Asociación Nacional de Infraestructuras (ANI), se realizó una proyección lineal de la población, conforme con el crecimiento de la población viajera, y el crecimiento de la economía del país por los Tratados de Libre comercio, para lograr esquematizar el problema se realizaron tres soluciones.

7.2. APLICACIÓN DE LA NORMATIVIDAD PARA ESCOGER UN TRAZADO ADECUADO.

Una vez se encontró la inminente necesidad de una ampliación a partir del nuevo aeródromo, se realizó la investigación y puesta en marcha de los estudios con base a las necesidades el proyecto y la normativa vigente, en este caso la RAC-14 y el manual de diseño del avión más grande que pasará el Airbus 321.

7.3. ESTUDIO DE CLIMA Y RECONOCIMIENTO DEL TERRENO A TRABAJAR

Se estudió el comportamiento de los vientos, así como también la meteorología en toda Cundinamarca para poder encontrar el sitio con mayor afinidad y exactitud para poder ubicar correctamente el aeródromo.

7.4. FASE CREATIVA.

Dentro de este proceso se llevaron a colación las ideas relacionadas a la trazabilidad del proyecto y se seleccionó la más adecuada, teniendo en cuenta el factor económico, funcional y ambiental planteado.

Para la ejecución de la elección de la alternativa para solucionar la falta de capacidad para el creciente volumen de la demanda de pasajeros y la disminución de tiempos de espera, se emplea el método multicriterio del valor técnico ponderado VTC, debido a que es de los métodos más sencillos, que pueden ser utilizados en todas las fases del proyecto y permite aplicar pesos de importancia a los criterios mencionados. **Mirar Anexo B**

7.5. DISEÑO DEL AERÓDROMO

Habiendo tenido en cuenta la normativa y el manual de diseño del Airbus a321, se procede a realizar el diseño geométrico de la pista, junto con las calles de rodajes. Posteriormente, con el

estudio de suelos de la zona de emplazamiento se procede a diseñar la estructura del pavimento y drenaje.

8.RESULTADOS

- Al utilizar la RAC 14, se decide que el avión propicio para el diseño, es el Airbus A-321

Ilustración 3. Airbus A-321 Avianca



Fuente: Avianca

Se siguen los lineamientos de la RAC 14, la cual expresa que se debe redireccionar el diseño de la pista a los diferentes capítulos del Manual de Diseño de Aeródromos por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI). La cual indica en el Capítulo 1 diseño de aeródromos para pistas, la forma de encontrar el dimensionamiento de la pista enfocado a la mitigación de accidentes al utilizar la Publicación de información aeronáutica (AIP) del Aeropuerto Internacional el Dorado como base de criterios para corregir el dimensionamiento de la longitud, y ancho teniendo en cuenta factores como la temperatura, pendientes obtenidos con el manual del fabricante Airbus, entre otros.

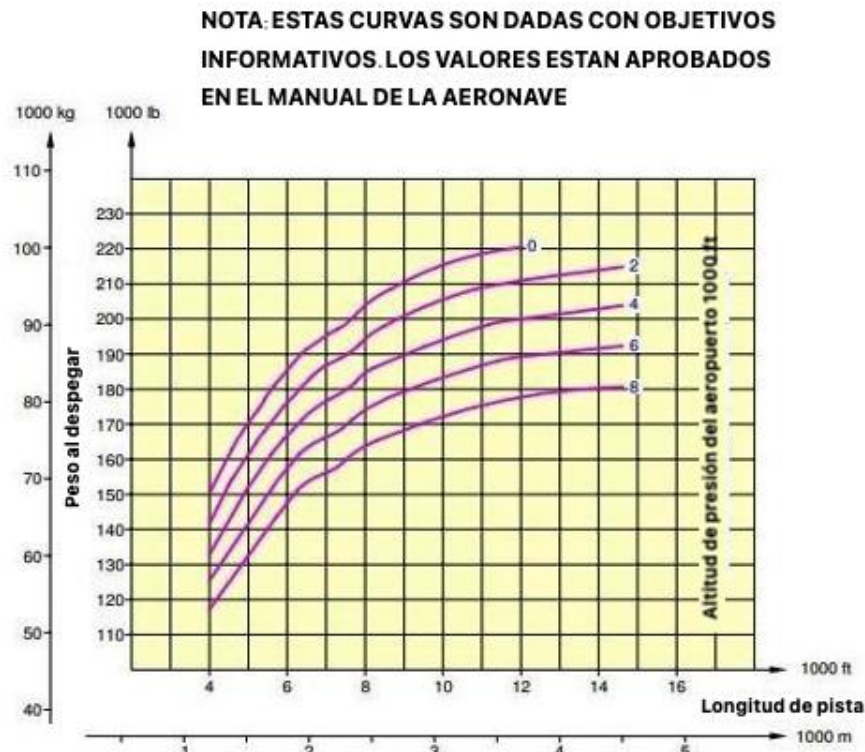
Se realiza el cálculo de las medidas que debe tener el aeródromo, según el fabricante del avión como lo es el Manual del Airbus A-321 y corrigiendo la longitud, según la información de la

Distancias según fabricante Airbus A-321

Usando la normativa colombiana R.A.C, específicamente el título 14, encargado de los aeródromos, aeropuertos y helipuertos, se definió el largo y ancho de la pista según el tipo de Aeronave, de la siguiente manera:

Teniendo en cuenta que en el aeródromo está a 2.648 m (8805.7 ft) sobre el nivel del mar y que su capacidad máxima para poder despegar es de 83.000 kg la longitud de pista necesaria para despegar es de 2.100 m, según la relación peso al despegar vs Longitud de pista.

Ilustración 4. Cálculos de pista Relación Peso de despegue vs Longitud de pista



Fuente: Manual Airbus A-321

- Definiendo los tipos de aviones que transitarán, en este caso van de menor a mayor escala (ATR-72, ATR-42) y (Airbus A-321 y Boeing B737) respectivamente.
- Se diseña la pista en función del avión más grande que transita el país, es decir el A-321, Se utiliza la tabla de clave de referencia de aeródromos, del manual de la OACI, para hallar la clave que se le asignara a la pista, obteniendo la información a partir de la siguiente tabla.
(RAC, 2014)

Tabla 2. Claves de referenciación de Aeródromo

Tabla 1-1. Clave de referencia de aeródromo

ELEMENTO 1 DE LA CLAVE		ELEMENTO 2 DE LA CLAVE		
Núm. de clave	Longitud de campo de referencia del avión	Letra de clave	Envergadura	Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal ^a
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	Menos de 800 m	A	Hasta 15 m (exclusive)	Hasta 4,5 m (exclusive)
2	Desde 800 m hasta 1 200 m (exclusive)	B	Desde 15 m hasta 24 m (exclusive)	Desde 4,5 m hasta 6 m (exclusive)
3	Desde 1 200 m hasta 1 800 m (exclusive)	C	Desde 24 m hasta 36 m (exclusive)	Desde 6 m hasta 9 m (exclusive)
4	Desde 1 800 m en adelante	D	Desde 36 m hasta 52 m (exclusive)	Desde 9 m hasta 14 m (exclusive)
		E	Desde 52 m hasta 65 m (exclusive)	Desde 9 m hasta 14 m (exclusive)
		F	Desde 65 m hasta 80 m (exclusive)	Desde 14 m hasta 16 m (exclusive)

a. Distancia entre los bordes exteriores de las ruedas del tren de aterrizaje principal.

Fuente: Manual de Diseño de Aeródromos Pistas

Para encontrar el número de clave, se selecciona la distancia mínima que necesita el avión para despegar a con la masa máxima (carga máxima de carga, pasajeros y combustible) y con unas condiciones específicas (viento, visibilidad, altura al nivel del mar y pendiente de la pista).

Y luego se obtiene la letra clave, la cual se encuentra con las dimensiones de la envergadura del avión de diseño, A-321 con una envergadura 35.8 metros. Al aplicarse estos conceptos en la tabla 2, se obtiene una pista de referencia 4-C.

En el caso en mención número clave es 4-C el cuál fue previamente definido con la tabla 1-1 de la RAC-14, ahora con esta tabla solo falta identificar la anchura exterior entre las ruedas del tren de aterrizaje principal, para lo cual se utiliza la tabla de anchuras teniendo en cuenta las anchuras en el tren de aterrizaje principal del avión, como señala a continuación.

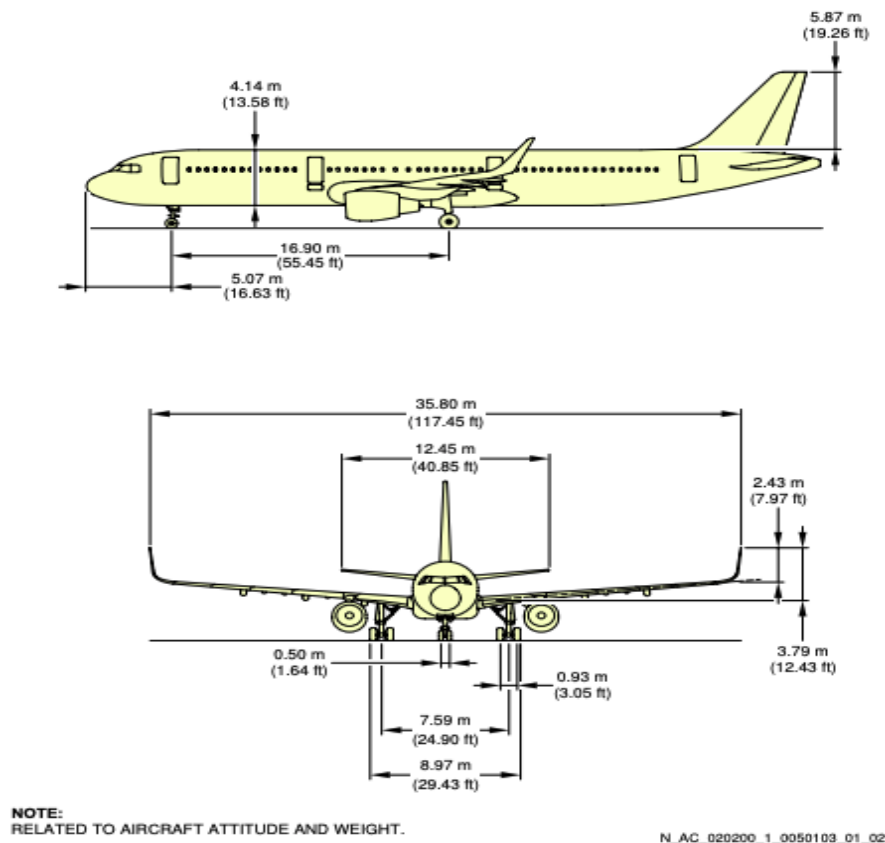
Tabla 3. Anchuras en el tren de aterrizaje principal (Outer main gear wheel span)

Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal (OMGWS)				
Número de Clave	Hasta 4,5 m (exclusive)	Desde 4,5 m hasta 6 m (exclusive)	Desde 6 m hasta 9 m (exclusive)	Desde 9 m hasta 15 m (exclusive)
1 ^a	18 m	18 m	23 m	-
2 ^a	23 m	23 m	30 m	-
3	30 m	30 m	30 m	45 m
4	-	-	45 m	45 m

Fuente: RAC -14

Con este plano sacado de información dada por el fabricante del A-321 define que la anchura exterior del tren de aterrizaje principal es de 8,97m resultando en una pista de 45 metros de ancho.

Ilustración 5. Dimensiones del Airbus A-321



Fuente: Fabricante Airbus

8.1. Corrección de longitud y cálculo de franjas

Según los criterios brindados por la AIP del Aeropuerto Internacional el Dorado en Bogotá, se cuentan con los siguientes datos, teniendo en cuenta la longitud de pista obtenida del manual de Airbus.

Tabla 4. Referencias del AIP Aeropuerto Internacional el Dorado Bogotá

Referencias del AIP Aeropuerto Int.El Dorado		
Temperatura Ref	20	°C
Elevación	2548.16	m
Elevación	8360	ft
Pendiente	0.03	%
Longitud de pista	2100	m
Temperatura ISA	15	°C

Fuente: AIP del Aeropuerto Internacional el Dorado

Corrección pista de elevación = C_1

$$\frac{1}{\left(1 + 0.07 * \frac{Elevación(m)}{300}\right)}$$

$$C_1 = 0.627m$$

Corrección de la pista por temperatura = C_2

$$= \frac{1}{1 + 0.01 * \left(Temperatura\ ref(^{\circ}C) - \left(15 - 6.5 * \frac{Elevación(m)}{1000}\right)\right)}$$

$$C_2 = 0.82m$$

Corrección de la pista por pendiente = C_3

$$= \frac{1}{1 + 0.1 * Pendiente * 100}$$

$$C_3 = 0.76m$$

$$\text{Longitud efectiva} = \sum \text{Correcciones} + \text{Longitud pista}$$

$$\text{Longitud efectiva} = 2102.22m$$

Se obtiene una Longitud efectiva de pista de 2102.22 m, la cual será la longitud de la pista.

Se calculan las franjas del aeródromo, utilizando el manual de Diseño de aeródromos de la OACI, Siguiendo los criterios de la clave y número de clave.

Tabla 5. Dimensionamiento de las franjas según la OACI

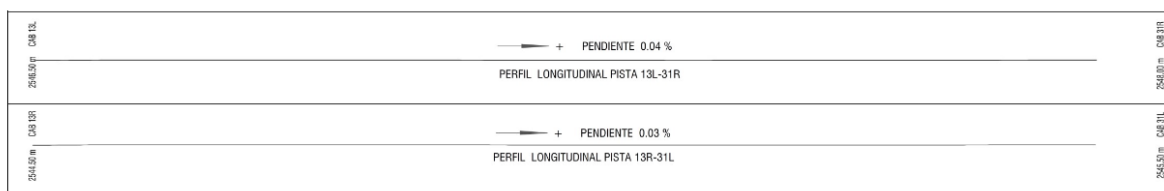
Longitud de franja	60m
Anchura franja	150m
Distancia mínima de objetos	60
Nivelación	
Clave 4	75m
Pendiente longitudinal franja al nivelarse	0.03%
Pendiente transversal de la franja al nivelarse	1.5%
Resistencia	75m

Fuente: Autores y Manual de diseño de aeródromos de la OACI.

8.2. Áreas de seguridad de pista

Para lo relacionado al cálculo de las pendientes de las áreas de seguridad, se tomaron pendientes similares a las obtenidas de la AIP del Aeropuerto Internacional el Dorado, con el objetivo de mantener al mínimo los movimiento de tierra, debido a que el perfil de las pistas pre existentes es muy plano.

Ilustración 6. Perfil longitudinal de las pistas pre existentes del Aeropuerto el Dorado.



Perfil:

Fuente: AIP Aeropuerto Internacional el Dorado

Continuando con la normativa, se configuran las áreas de seguridad de la pista, el área de seguridad en el extremo de la pista, mejor conocida como Runaway end safety area for land construit runways (RESA).

Tabla 6. Medidas del RESA

Runway end safety area for land constraint runways (RESA)	Áreas de seguridad en el extremo de la pista	Unidades
Longitud clave 4	240	m
Ancho de la pista	45	m
Ancho RESA	90	m
Ptes longitudinales	0.25	%
Ptes Transversales	1.2	%
ZONA LIBRE DE OBSTACULOS		
Longitud(CWY)	300	m
Ancho zona libre de obstaculos	150	m
Pte asc	1.25	%

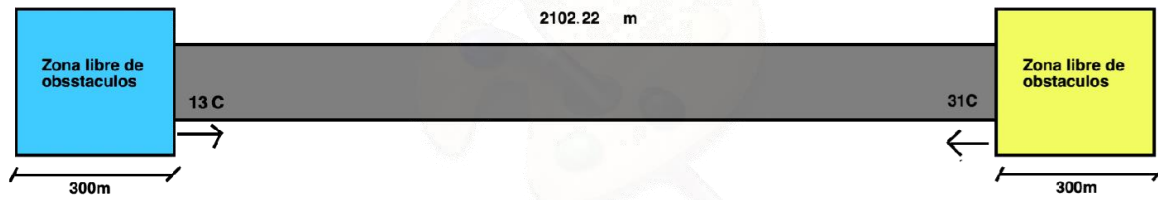
Fuente: OACI

Se anexa proceso de cálculo longitud de zona de parada y zona libre de obstáculos

Se obtiene a continuación las medidas declaradas, teniendo en cuenta que se piensa omitir la zona de espera debido que se diseñó la pista en función de la zona libre de obstáculos. Se tomó como referencia la longitud de la zona libre de obstáculos de las pistas del Aeropuerto Barajas en Madrid, España, debido que contaba con los mismos parámetros que la diseñada por los autores.

Acatando el Manual de Diseño de aeródromos de la OACI, se determinan las distancias a declarar como los son, TORA, ASDA, LDA y TODA, Para ambos sentidos, es decir para la pista 13C y la pista 31 Teniendo en cuenta la longitud efectiva de la pista y la zona libre de obstáculos para ambas pistas respectivamente.

Ilustración 7. Determinación de las distancias declaradas.



Fuente: Los autores

Con base a la determinación de las distancias, para cada pista y sentido se encuentran todos los criterios, en este caso el TORA, ASDA, LDA tendrán el mismo valor porque solo se contempla la longitud de pista, mientras que para el TODA se tienen en cuenta ambas distancias, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 7. Declaración de medidas

PISTA	TORA	ASDA	LDA	TODA
31 C	2102.22 m	2102.22 m	2102.22 m	2402.22m
13 C	2102.22 m	2102.22 m	2102.22 m	2402.22m

Fuente: Los autores

8.3. Calles de rodaje.

Para la elaboración de las calles de rodaje se toma en cuenta el manual del fabricante Airbus, para así poder cumplir con todos los requerimientos de seguridad y simultaneidad de operaciones en el aeródromo. Motivo por el cual se pretende seguir a la par el Manual de Diseño para Aeródromos capítulo 2. Calles de rodaje de la OACI, para así poder encontrar el sentido técnico de trazado de las mismas.

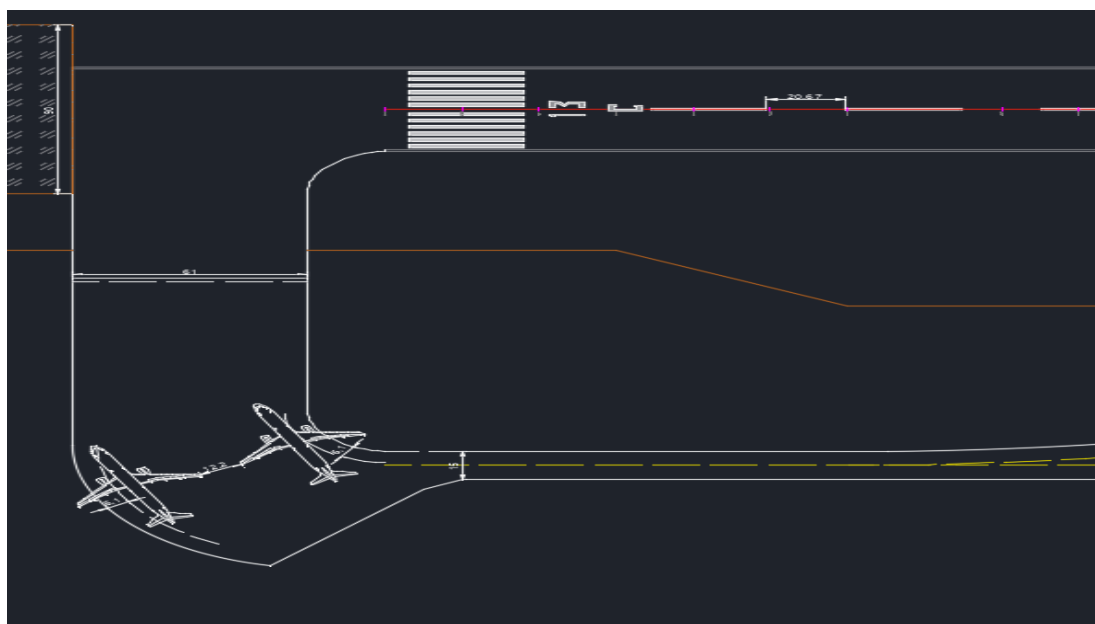
Según los criterios de construcción de las calles de rodaje, se obtuvieron :

- Trazados cortos
- Trazados sencillos para no confundir al piloto
- Tramos rectos y curvas suaves
- Calles de rodaje con ángulos de 90 y 45°

1.Calle de rodaje para puntos de espera

Utilizando el capítulo 2 del manual para el diseño de aeródromo se encuentra el ancho de la calle de rodaje para el punto de espera , posteriormente utilizando el manual del fabricante Airbus A-321 se encuentran las referencias de las diferentes distancias requeridas para poder tener la condición más crítica sin afectar las operaciones de pista, es decir; 2 aviones A-321 en espera de manera segura, optimizando los escenarios más sencillos y comunes de tránsito aéreo como lo serían aviones más pequeños a la par.

Ilustración 8. Diseño calle de rodaje para puntos de espera.



Fuente: Los autores

Para la obtención del radio de la curva se toma como referencia la longitud del punto de espera para trazar un codo de 90° obteniendo un radio de 69.24 m. para la longitud se tiene en cuenta la distancia entre el eje de la pista y el eje de la calle de rodaje obteniendo 190 m.

los siguientes parámetros de diseño se aplicaron tanto para la pista 13 c compara la pista 31 c.

Tabla 8. Diseño calle de rodaje punto de espera.

Parámetro	Distancia
Distancia entre el eje de la pista y el eje de la calle de rodaje	190m
Ancho de la calle de rodaje	15m
Distancia mínima entre dos aeronaves	12.2m

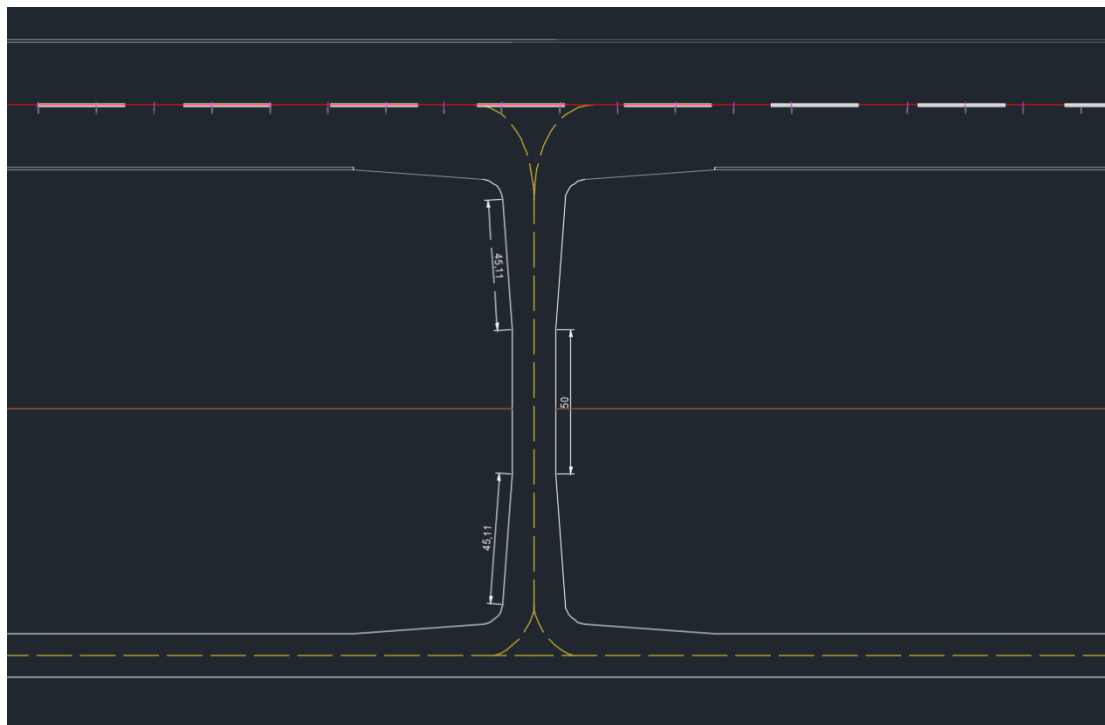
Distancia entre el eje de la pista y el punto de espera	90m
Radio de la curva (Codo 90°)	69.24m
Distancia min del motor externo del avión al borde de la calle de rodaje	6.1m
Longitud del punto de espera	61 m

Fuente: Los autores

2. Calle de rodaje de 90 °

Se determina también una calle de rodaje con un ángulo de 90° para los aviones de otras referencias más pequeñas para que así puedan transitar adecuadamente la pista. para ello se utiliza también como referencia el avión Airbus A-321 y las referencias del fabricante, obteniendo:

Ilustración 9. Calle de rodaje de 90°.



Fuente: Los autores

Se tuvo en cuenta el parámetro de seguridad de alas de la aeronave, siguiendo el manual del diseñador Airbus.

Tabla 9. Diseño calle de rodaje 90°

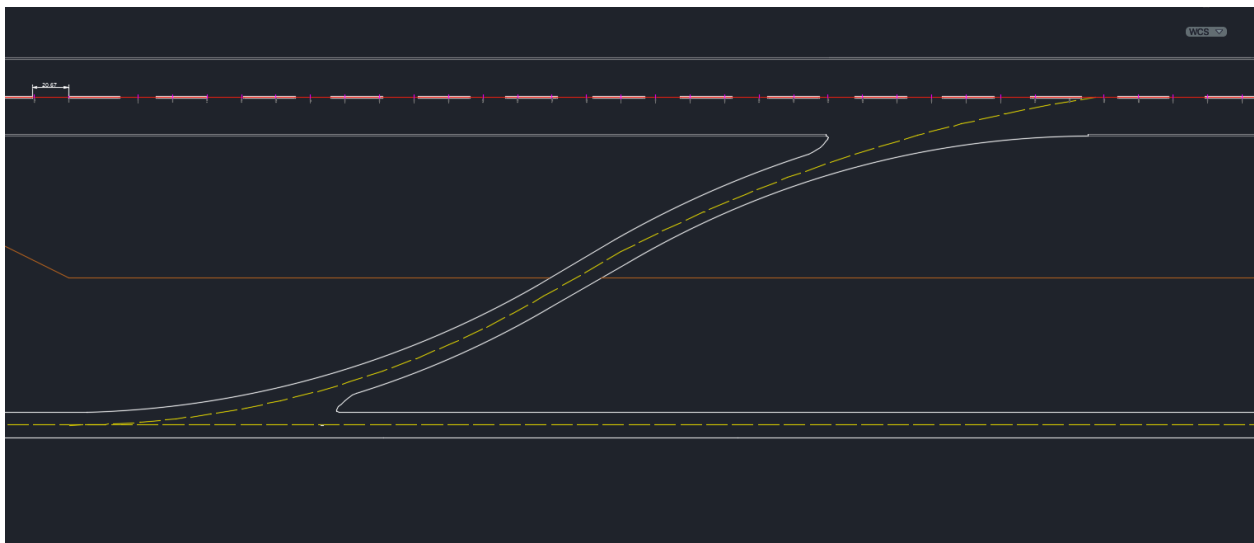
Parámetro	Distancia
Distancia entre el eje de la pista y el eje de la calle de rodaje	190m
Longitud de la calle de rodaje	160m
Ancho de la calle de rodaje	15m
Longitud de seguridad de alas de la aeronave	45.11 m

Fuente: Los autores

3.Diseño calle de salida rápida.

Utilizando el manual de diseño aeródromos capítulo 2 se logró encontrar el conjunto de criterios a cumplir para una apuesta de clave C que cumpla con la función de optimizar la aceleración de la aeronave Airbus A-321 tanto para aterrizar como para despegar en menos tiempo.

Ilustración 10. Diseño calles de salida rápida 135° respecto al eje de pista y la calle de rodaje



Fuente: Los autores

Se toma en cuenta que estos parámetros aplican para las 2 calles de salida rápida que se realizaron midiendo 1800 m en el sentido de la pista 13-C y 1800 m en el sentido de la pista 31-C.

Tabla 8. Diseño calles de salida rápida

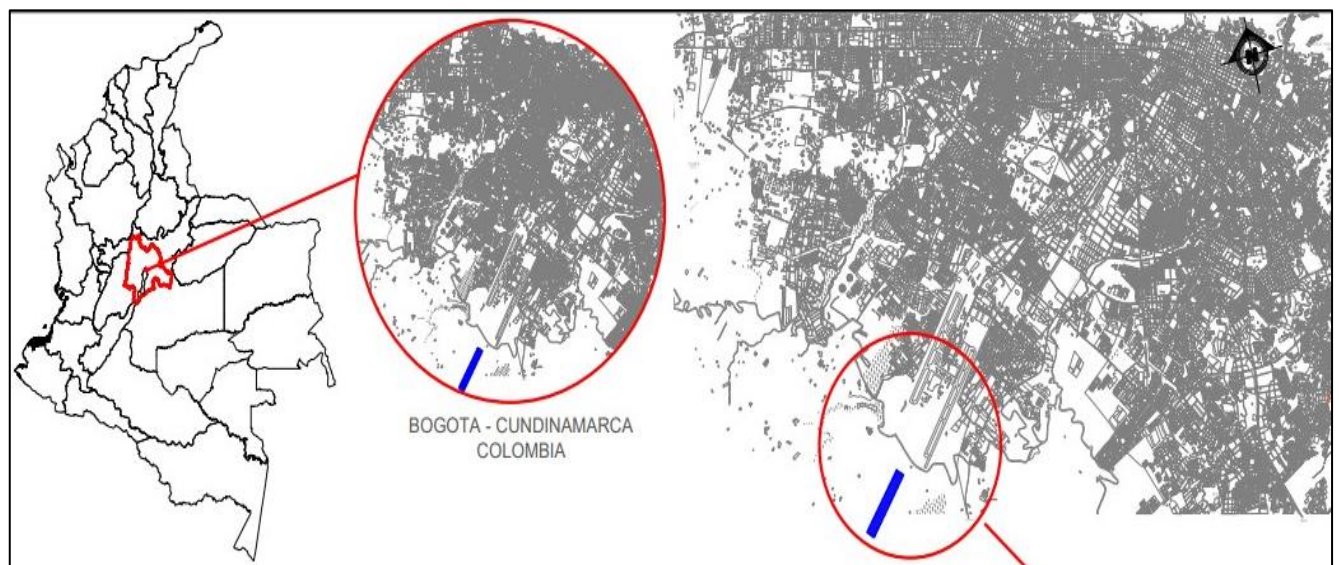
Parámetros	Distancia
Radio de la curva de viraje	550m
Velocidad de salida	96.3 Km/h
Velocidad de operación	61.12 Km/h
Distancia entre la calle de rodaje de espera y calle de salida rapida	1800m
Ángulo de intersección	30°
Ángulo eje de calle de salida rapida	75°

Fuente: Los autores

8.4. Cálculo del pavimento del Aeródromo

El terreno se encuentra ubicado entre Engativá y Fontibón, como se muestra a continuación.

Ilustración 11. Ubicación y emplazamiento del proyecto

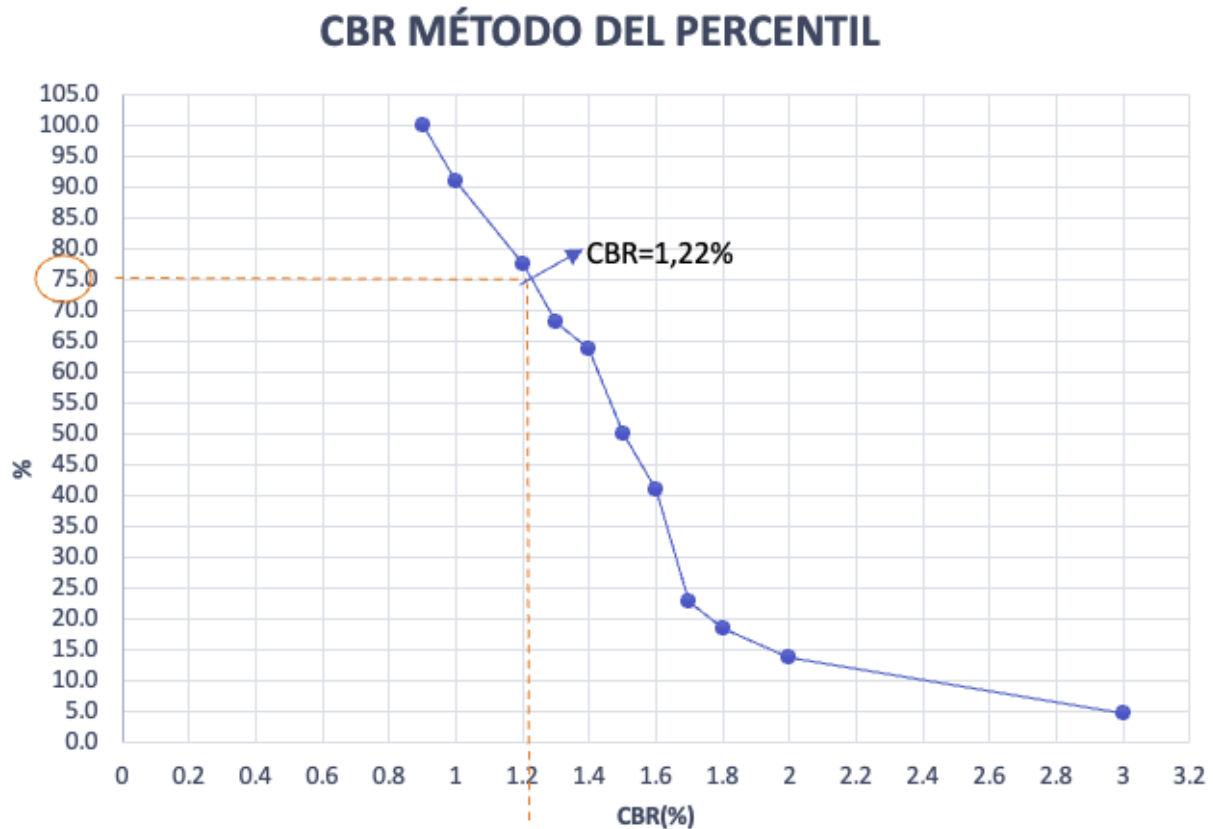


Fuente: Los autores

Para poder realizar el diseño de pavimento flexible para el aeródromo se debió retomar el CBR, utilizando el método del percentil obtenido del terreno.

para que, siguiendo el Manual de Diseño de Aeródromo, capítulo 3. Diseño del pavimento, se prosiguiera con el diseño del Pavimento flexible para vida útil de 20 años, se obtuvo un CBR del 1.22%.

Ilustración 12. Gráfica Obtención del CBR por el método del percentil



Fuente: Los autores

Se utilizaron datos del 2019 para el aforo aéreo debido a que fueron las estadísticas más estables antes de pandemia, ya que los reportes de años previos no se encuentran disponibles.

La Aeronáutica provee una plataforma interactiva que permitió filtrar las bases de datos sobre las operaciones realizadas en el Aeropuerto Internacional el Dorado, generando datos de la cantidad de vuelos de salida, entrada a nivel Bogotá-Colombia, como se muestran a continuación:

Ilustración 13. Plataforma de datos Aeronáutica Civil del Aeropuerto el Dorado



Fuente: Aeronáutica Civil de Colombia

Con base a los datos, se realizó la extracción del aforo de la cantidad de aeronaves que tuvieron vuelos de salida según lo orientado por el Capítulo 3 del Manual de diseño de Aeródromos, obteniendo:

Tabla 10. Aforo de salidas de aeronaves del Aeropuerto Internacional el Dorado en el 2019

	A318	A321	A20N	A325	A319	A320	A21N	ATR4	AT45	AT46	AT72	AT73	AT75	AT76	A332	B39M	B73B	B733	B737	B738	JS41	E145	E170	E190	B788	B762	B789	B763	TOTAL
AVIANCA	832	1214	62	44643	5884	13273	201							5418	2009								56	3028	1				76621
LATAM				13914	2147	3777									2										193		75	53	20161
EASYFLY									3395	4	2	26	3901	2128					1		3								9460
VIVAIR				2		8351																							8353
SATENA								1	4915	2												1464	1173						7555
WINWO																4	1	2	3315	950				501					4773
TOTAL	832	1214	62	58559	8031	25401	201	1	8310	6	2	26	3901	7546	2011	4	1	2	3316	950	3	1464	1173	557	3221	1	75	53	126923

Fuente: Los autores

Obtenidos los aforos, los cuales según normativa utiliza solo el número de vuelos que despegan del aeropuerto con destinos nacionales, se redirecciona al software dictado por el Capítulo 3 del Manual en cuestión, Airport Pavement Design Software, FAARFIELD 2.0, el cual ingresar lo obtenido en los aforos, cantidad de vuelos de salida clasificada por nave, generó como resultado

el espesor de pavimento flexible y la estructura del pavimento flexible por capas con las siguientes especificaciones:

Tabla 11. Especificaciones de las capas de la estructura del pavimento

Mezcla de pavimento asfáltico P-401 (Mezcla caliente de asfalto)	Mezcla asfáltica de gradación continua, tamaño de agregado de máximo 19 mm y es especificación de la Federación Americana de Aviación.	Tráfico medio y alto
Mezcla de pavimento asfáltico P-403 (Mezcla caliente de asfalto)	Mezcla asfáltica densa de gradación continua con un agregado de máximo 5 mm y especificación de la Federación Americana de Aviación.	Tráfico medio y alto
P-209 Agregado triturado	El agregado triturado consistirá en partículas limpias, sanas y duraderas de piedra o grava trituradas y estará libre de recubrimientos excesivos de arcilla, limo, material orgánico, grumos o bolas de arcilla u otros materiales nocivos. El agregado fino que pase por el tamiz N° 4 consistirá en finos procedentes de la operación de trituración de áridos gruesos. Si es necesario, se puede agregar agregado fino para producir la gradación correcta.	NA

Fuente FAARFIELD 2.0

Junto con las especificaciones se generaron los espesores de capas según de CBR 1.22, siguiendo la normativa de la FAA.

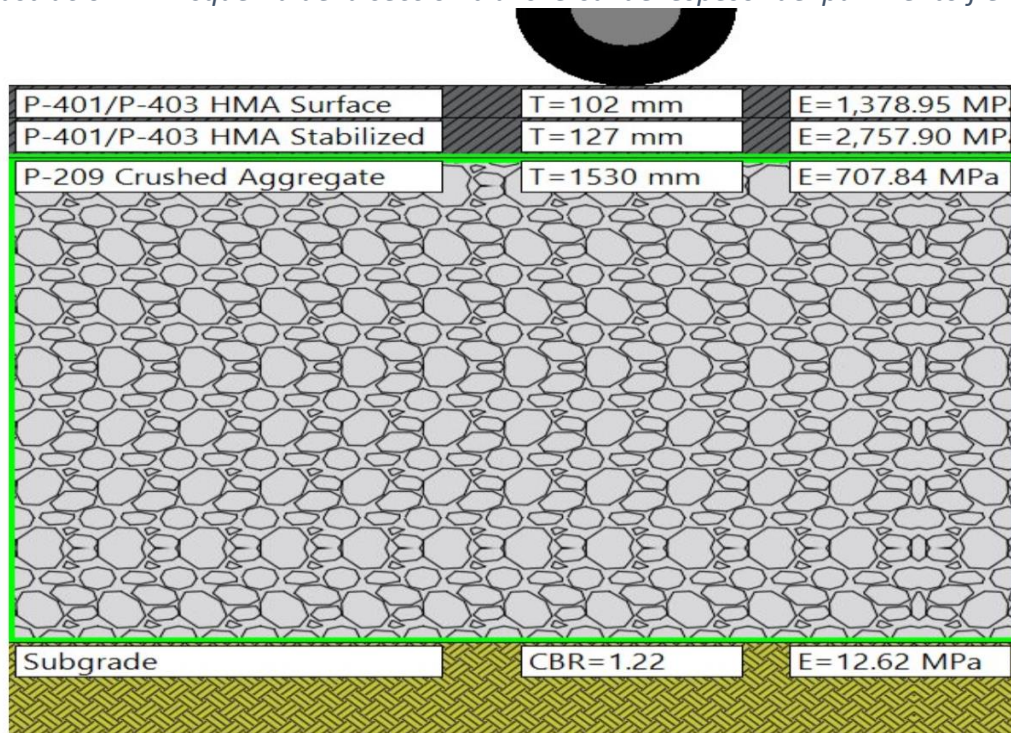
Tabla 12. Diseño del pavimento flexible de la pista.

PARÁMETROS	Grosor (mm)	Modulo (MPa)	CBR
P-401/P-403 HMA Superficie	102	1378.95	NA
P-401/P-403 HMA Estabilizante	127	2757.9	NA
P-209 Agregado triturado	1530	707.84	NA
Subrasante	NA	12.62	1.22

Fuente: FAARFIELD 2.0

Finalmente, según la normativa del FAA se genera el informe de la sección transversal del pavimento flexible del pavimento de la pista.

Ilustración 14. Esquema de la sección transversal del espesor del pavimento flexible



Fuente: FAARFIELD 2.0

La generación del modelo de espesor del pavimento flexible de la pista a la par elabora una proyección de tráfico aéreo durante su vida útil, en este caso de 20 años. Para el cálculo de la

sección transversal, se utilizaron todas las aeronaves que transitan en el aeropuerto Internacional el dorado, permitiendo utilizar una tasa de crecimiento del 6% post pandemia, para así generar estadísticas más realistas del crecimiento de tránsito aeroportuario nacional, subdividido en las diferentes clases de aeronaves que pueden pasar por la pista en mención, tomando en cuenta características de su peso bruto, presión de ruedas y despegues anuales.

Tabla 13. Proyección de crecimiento de vuelos de salida

No.	Modelo Aeronave	Peso bruto (kg)	% Peso bruto	Presión neumáticos (MPa)	Despegues anuales	20 años de proyección
1	A318-100 std	56,400	90.40	1,020.01	832	25,225
2	A321-200 opt	93,900	94.60	1,500.30	1,214	36,890
3	A320neo	70,400	93.80	1,220.37	62	1,882
4	A320-200 std	73,900	93.80	1,378.95	58,559	1,775,549
5	A319-100 opt	68,400	91.40	1,247.95	8,031	243,499
6	A320-200 std	73,900	93.80	1,378.95	25,401	770,176
7	A321neo	97,400	94.60	1,503.06	201	6,111
8	A319-100 opt	68,400	91.40	1,247.95	19,792	600,091
9	A330-200 WV058	238,900	94.80	1,420.32	2,011	62,955
10	B737-9 MAX	88,541	93.60	1,447.90	4	121
11	B737-9 MAX	88,541	93.60	1,447.90	4,268	128,834
12	A320-200 opt	78,400	92.80	1,441.00	3,197	96,941
13	B787-8	228,383	91.40	1,572.01	3,221	100,184
14	B767-200	166,921	92.40	1,310.00	1	31
15	B787-9	254,692	93.60	1,558.22	75	2,356
16	B767-300	159,665	92.40	1,344.48	53	1,632

Fuente: FAARFIELD

Al contemplar las 16 clases de aeronave que despegan con destinos nacionales, se obtiene que para el 2042 habrá 3.852.447 despegues anuales y con capacidad más que suficiente para recibir el Airbus A320 200 standard, el cual es el avión que más vuela a nivel nacional y seguir brindando servicio óptimo al A321 y todas sus variantes, es decir se utilizó el A-321 200 como el más pesado para el diseño del pavimento de la pista.

8.5. Cálculo del Drenaje de la pista

Para el cálculo del drenaje de la pista se tomaron las pendientes transversales de la misma con el fin de siempre evadir algún tipo de obstáculo innecesario y generar la mayor cantidad de espacio libre de obstáculos, además de una pista nivelada para el tránsito de los aviones, que permita drenaje del agua sin afectar operaciones aéreas.

Pendiente transversal de la pista:

La pendiente transversal que tiene como función garantizar la evacuación y el buen drenaje de las aguas superficiales se estableció una pendiente del 1,1 % atendiendo los parámetros de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) que brinda un rango de pendientes del 1.1% a 1,5% para clave 4-C.

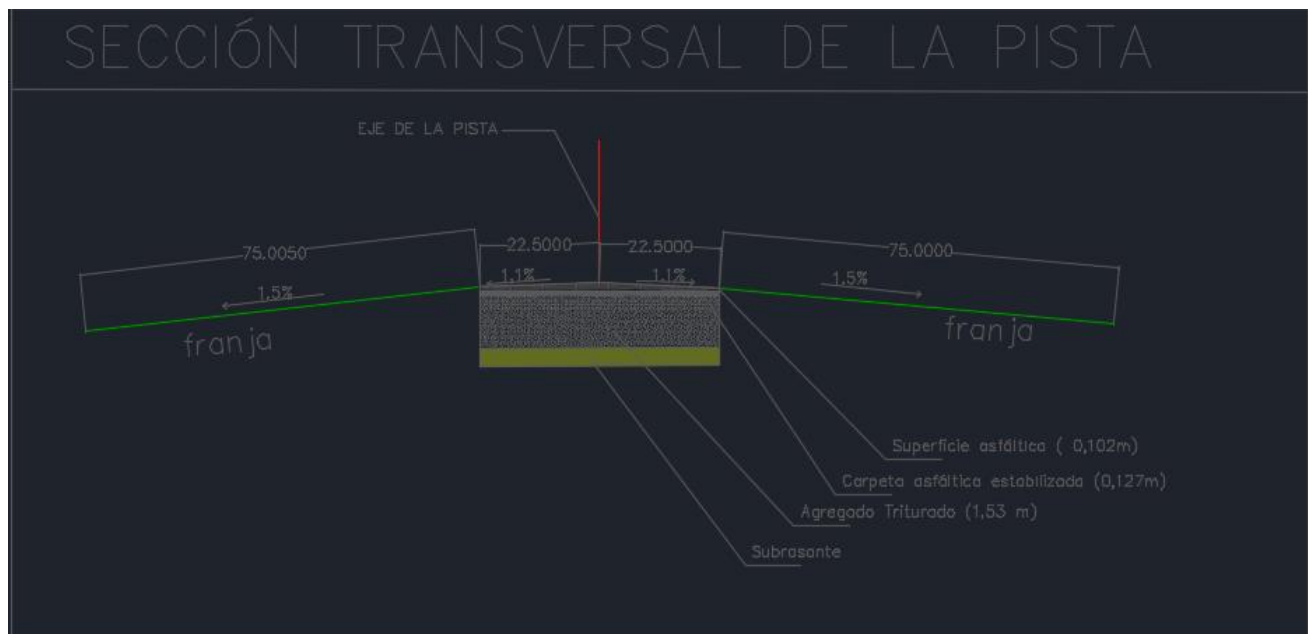
Tabla 14. Declaración de pendientes de drenaje de la pista.

Sección	Longitudes	Pendientes transversales
Pista	45 m	1,1 %
Franja de la pista	150 m	1,5%

Fuente: Los autores

Al haber seleccionado las pendientes transversales, se plasman las mismas en una sección transversal, como se muestra a continuación:

Ilustración 15. Diseño de drenaje a la sección transversal de la pista.



Fuente: Los autores

8.6. Aeropuerto Nacional Perales

El aeropuerto Perales se encuentra ubicado en la capital del Tolima, Ibagué. Este aeropuerto cuenta con un único aeródromo, el cual es de vuelo visual. Por ende, las condiciones para que el piloto lleve a cabo de manera adecuada sus operaciones, deben siempre de tener la separación visual para evitar obstáculos.

Ilustración 16. Aeropuerto Nacional Perales



Fuente: Aeronáutica Civil

Es importante que en vuelo el piloto tenga visual de la pista, por ende, ante cualquier clima nublado como lo es el clima de Ibagué, trae consigo retraso en las rutas.

Según la Aeronáutica civil, Ibagué ha venido presentando una fluctuación alta en la cantidad de despegues desde el aeropuerto Perales, además que se observa los diferentes cambios a través de los años con el fin de lograr mejorar el transito aeroportuario, las estadísticas se muestran a continuación:

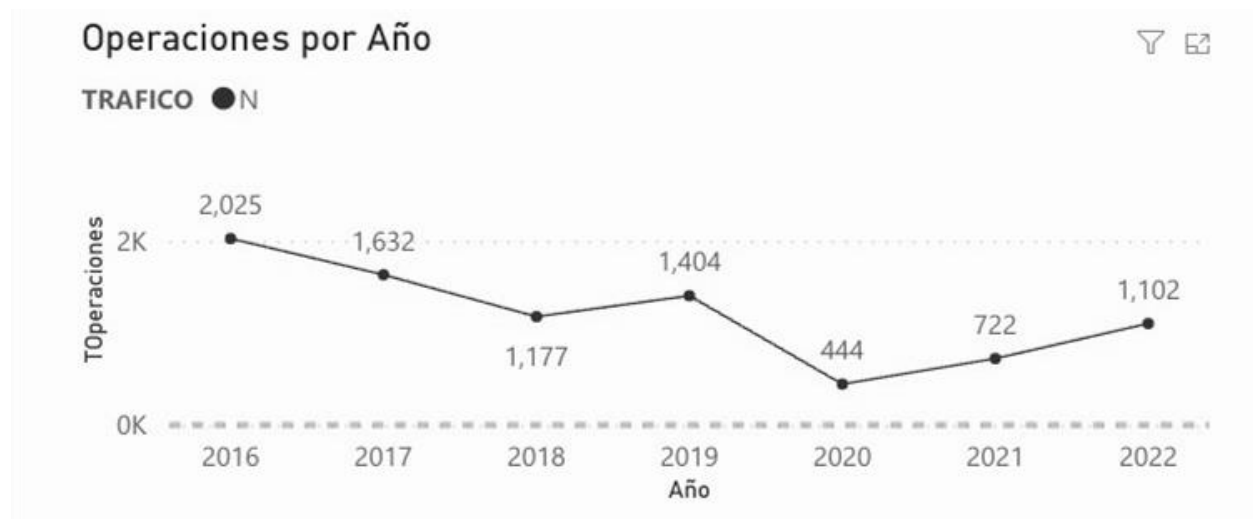
Tabla 15. Número de despegues anuales en el aeropuerto Perales

Año	Número de despegues en el Aeropuerto Perales de Ibagué
2016	2025
2017	1693
2018	1177
2019	1398
2020	444
2021	722
2022	1102

Fuente: Los autores

Se nota en la gráfica que a pesar de venir de la pandemia del COVID-19 en el año 2020 bajo el número de operaciones el 24% respecto al año anterior, sin embargo, se pudo ver que en el transcurso del 2020 al 2022 aumentó el 71,28% las operaciones anuales del aeropuerto perales. Al comparar el crecimiento antes del 2019, se nota un aumento de las operaciones, que a pesar de no ser las mismas del 2016, porcentualmente hablando hay un mejoramiento en las cifras, lo cual se puede evidenciar en el siguiente gráfico:

Ilustración 17. Operaciones anuales del 2016-2022 del Aeropuerto Perales

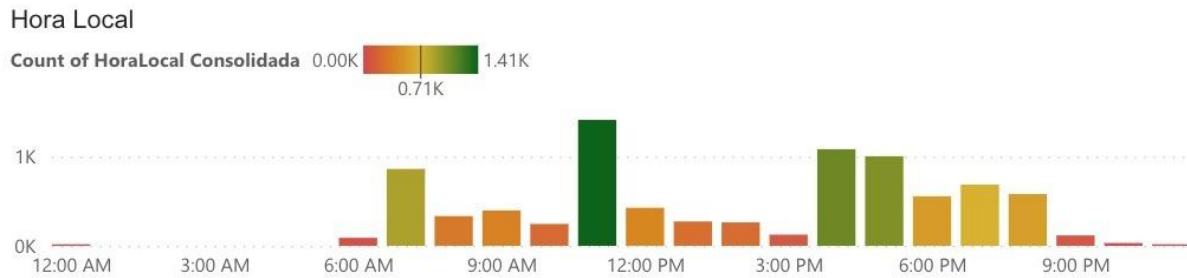


Fuente: Aeronáutica civil

Dentro de los destinos del Aeropuerto perales, se pudo notar variación en las rutas y como en muchas diferentes situaciones adversas el avión debió volver a aterrizar a Ibagué, ya sea por factores climáticos que requieren un aterrizaje de emergencia, retraso de vuelos por el aeropuerto destino, entre otros.

En la siguiente gráfica, se puede ver que aunque Ibagué solo cuenta con cuatro destinos anuales, la ruta Ibagué-Bogotá con un total promedio de 889 operaciones al año, a las 6 am que es la hora regular de aterrizaje del vuelo Bogotá-Ibagué, el tráfico es casi nulo, debido a que usualmente el avión A-320 de Airbus ,ateriza a las 7 am para la ruta de las 7:30 am, generando demoras en la preparación logística del avión y que muchas veces esta misma ruta sea reprogramada alrededor de las 11:30 am que el clima mejore para despegar.

Ilustración 18. Tráfico aéreo según la hora



Fuente: Aeronáutica Civil

Proyección vuelos Aeropuerto Perales Ibagué- Aeropuerto Internacional el Dorado Bogotá

A partir de la utilización de software FAARFIELD se logró encontrar con base a los Datos del 2019 el número anual de despegues Ibagué-Bogotá, con un total de 1046 despegues anuales, según la aeronáutica civil.

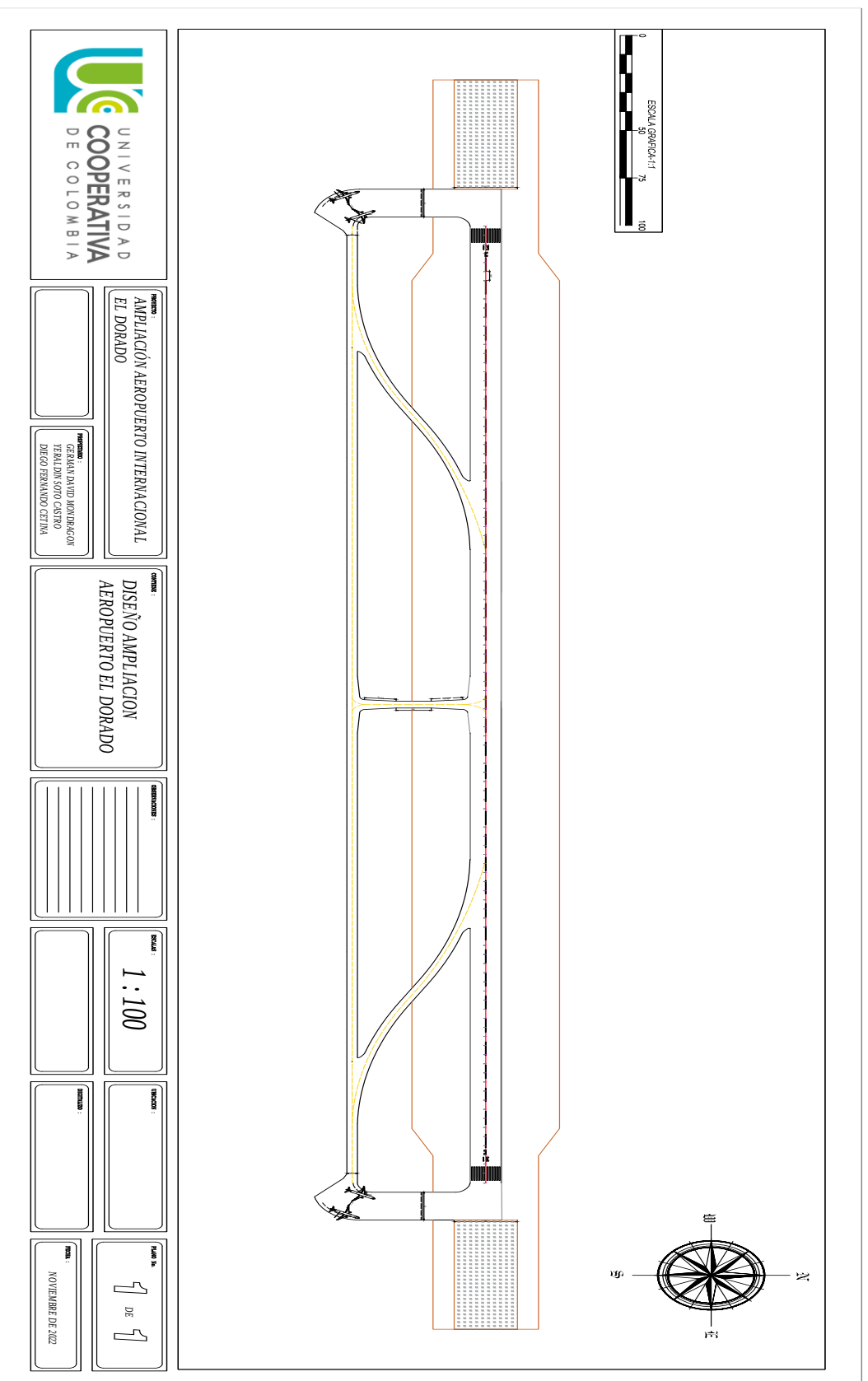
Tabla 16. Proyección de despegues para el periodo de diseño del aeropuerto Perales

Annual Departures	Annual Growth (%)	Total Departures
1,046	6	33,472

Fuente: FAARFIELD

A partir de esta información y un crecimiento anual del 6%, post pandemia se prevé que con el aeródromo diseñado por los autores paralelo al aeródromo preexistente logre mayor cobertura de vuelos nacionales en el tramo Ibagué Bogotá. Teniendo en cuenta que el aeropuerto perales en Ibagué no es un aeropuerto por instrumentos, lo cual genera problemas debido a la climatología de la ciudad.

Como consecuencia de la poca visibilidad que se presenta en las primeras horas de la mañana en la ciudad de Ibagué al habilitar este aeródromo netamente nacional, en caso de cualquier contratiempo con el clima un vuelo de transcurso Bogotá-Ibagué, podría devolverse a pista en Bogotá en vez de generar largos trayectos en ciudades vecinas ,al no haber espacio para poder aterrizar, optimizando las operaciones de ambos aeropuertos y logrando que al haber más oferta de vuelos en horarios más prudentes con el clima de Ibagué ,se aprovechen al máximo sus horas operacionales.



9. CONCLUSIONES.

- El diseño de la pista soportará el tránsito de la Aeronave Airbus A-321 200 y todas sus variantes.
- El aeródromo podrá mitigar la sobrecarga operativa actual del Aeropuerto Internacional el Dorado.
- La pista podrá funcionar con simultaneidad con la ya existente gracias a su orientación paralela, en el sentido 13C.
- La pista cumple con todos los parámetros de seguridad y normativa actual del Reglamento Aeronáutico Colombiano Título 14, junto con manual de fabricante y el manual de diseño de aeródromos de la OACI.
- El dimensionamiento de la pista está generado tal forma que las calles de rodaje rápida permitan, la optimización de la aceleración de la aeronave cuando aterriza logrando menores tiempos de espera con las demás aeronaves
- El diseño del pavimento cuenta con una mezcla asfáltica con la capacidad de soportar 20 años de vida desde su diseño.
- Las calles de rodaje realizadas permiten fluidez tanto en el despegue como en el aterrizaje de aeronaves, haciendo que se generen menores longitudes desaceleración, bidireccionalmente.
- Se siguieron a satisfacción los criterios de construcción de las calles de rodaje al generar trazados cortos, entendibles para los pilotos ,sencillos para no confundir con tramos rectos ,curvas suaves, evitando cruces con pistas y otras calles.
- El tramo Ibagué Bogotá estaría abierto a mayor cantidad de rutas que permitan menor cantidad de tiempo de espera y mitiguen inconvenientes con el clima de Ibagué, debido a que el Aeropuerto Perales no es un aeropuerto por instrumentos, atrayendo más personas al transporte aeroportuario.

10. RECOMENDACIONES.

- Se necesitará delimitar un metro que una el aeropuerto internacional el dorado terminal original con la planteada.
- La universidad cooperativa de Colombia debería de implementar las competencias de diseño de instalaciones aeronáuticas en calidad de electiva, para generar mejor profundización.
- Se necesitaría delimitar espacios de conexión del aeródromo al aeropuerto.
- Añadir la iluminación adecuada en pista siguiendo la normativa RAC-14.

11.BIBLIOGRAFÍA

Oliva, D., Yabo, A., García, L., Arroyo, S. I., & Safar, F. G. (2015). Implementación de un sistema para la medición del flujo de tránsito y detección de embotellamientos en autopistas. In *Argentine Symposium on Artificial Intelligence (ASAI 2015)-JAIIO 44 (Rosario, 2015)*.

De Bogotá, C. D. C. (2005). Concesión del Aeropuerto Internacional El Dorado.

OACI (Organización de aviación civil internacional), Apunte Cálculo de la Capacidad de Pista en Aeródromos, realizado por el COMANDO DE AERONÁUTICA - CENTRO DE GESTIÓN DE NAVEGACIÓN AÉREA, en 2011.

FAA (Administración Federal de Aviación), Escrito de Capacidad y Demora en Aeropuertos, fabricado por el DEPARTAMENTO DE TRANSPORTE AMERICANO, en 1983.

FMU – COLOMBIA (Unidad de Gestión de Afluencia de Tránsito Aéreo – Colombia) Apunte Organización de la Afluencia de Tránsito Aéreo/ AIP – Colombia ENR 1.9, en 2013.

RAC – AEROCIVIL (Aeronáutica Civil / Unidad Administrativa Especial), Reglamentos Aeronáuticos de Colombia - RAC 6 - Gestión de Tránsito Aéreo, 2017.

USTA (Universidad Santo Tomás - Colombia), Unidad 3 - Capacidad del Área de Movimiento, Ingeniería de Aeropuertos, Prof. Dr. Ing. Oscar Díaz Olariaga, Ph.D., 2017.

Gustavo Nombela, Modelos de capacidad de infraestructuras de transporte, modelos de capacidad en aeropuertos, Ministerio de fomento español – Centro de estudios y experimentación de obras públicas, en 2009.

Aeronáutica Civil Colombiana, Informe capacidad de aeropuerto “El dorado”, Dirección de servicios a la navegación aérea – Unidad de gestión de afluencia de tránsito aéreo FMU COLOMBIA, en 2011.

Roberto Arca Jaurena, Análisis Demanda/Capacidad Aeropuerto “El Dorado” aplicado en Colombia, aplicación método estándar de la FAA para la determinación de capacidad aeroportuaria, en 2009.

OACI (Organización de aviación civil internacional), Manual de gestión colaborativa de afluencia de tránsito aéreo, gestión de la afluencia del tránsito aéreo (ATFM) - Capacidad, demanda y fases ATFM, en 2014.

OACI (Organización de aviación civil internacional), Guía para la aplicación de una metodología común para el cálculo de capacidad de aeropuerto, Proyecto OACI, en 2009.

Andrej Grebenšek¹, Tadej Kosel – Universidad de Ljubljana (Eslovenia), facultad de ingeniería, *efecto de la extensión de salida rápida en la capacidad de la pista en el aeropuerto jože pučnik* - Ljubljana (Eslovenia), en 2014.

Megan S. Ryerson, Amber Woodburn - Departamento de Planificación regional Pennsylvania (EE.UU.), revista de la Asociación Americana de Planificación, *Construir capacidad del aeropuerto o Administrar la demanda de vuelo*, en 2014.

Proyecto Regional: OACI RLA/06/901, Modelo de Cálculo para la Capacidad de Sectores ATC aplicado en Brasil, en 2009.

Eckhard Urbatzka, Dieter Wilken - Centro Aeroespacial Alemán (DLR) Instituto de Investigación del Transporte de Cologne (Alemania), *futura utilización de capacidad aeroportuaria en Alemania*, en 2004.

Claudia María Giraldo, Amanda Stella Valderrama, Sandra Zapata Aguirre – Universidad de Medellín (Colombia), revista Ingenierías, *las infraestructuras aeroportuarias: tipo de propiedad y su relación con la eficiencia*, en 2015.

L. (s. f.). *Página de inicio Aerocivil*. Aeronáutica Civil de Colombia. Recuperado 15 de noviembre de 2021, de <https://www.aerocivil.gov.co/>

Aerocivil. *Página de inicio Aerocivil*. Recuperado , de <https://www.aerocivil.gov.co/>

Banco Mundial. *Colombia - Place Explorer - Data Commons*. Data commons. Recuperado 20 de noviembre de 2021, de https://datacommons.org/place/country/COL?utm_medium=explore&mprop=amount&popt=EconomicActivity&cpv=activitySource%2CGrossDomesticProduction&hl=es

Los riesgos que más afectan a las copropiedades y cómo prevenirlos. (2021, 17 noviembre). Portafolio.co. Recuperado 10 de octubre de 2021, de <https://www.portafolio.co/negocios/emprendimiento/los-riesgos-que-mas-afectan-a-las-copropiedades-y-como-prevenirlos-558601>

Tiempo, R. E. L. (2021, 26 octubre). *Temen crisis de puntualidad en El Dorado por mayor tráfico en noviembre*. El Tiempo. Recuperado 15 de noviembre de 2021, de <https://www.eltiempo.com/economia/sectores/el-dorado-estrategia-para-que-el-aeropuerto-no-se-congestione-627819>

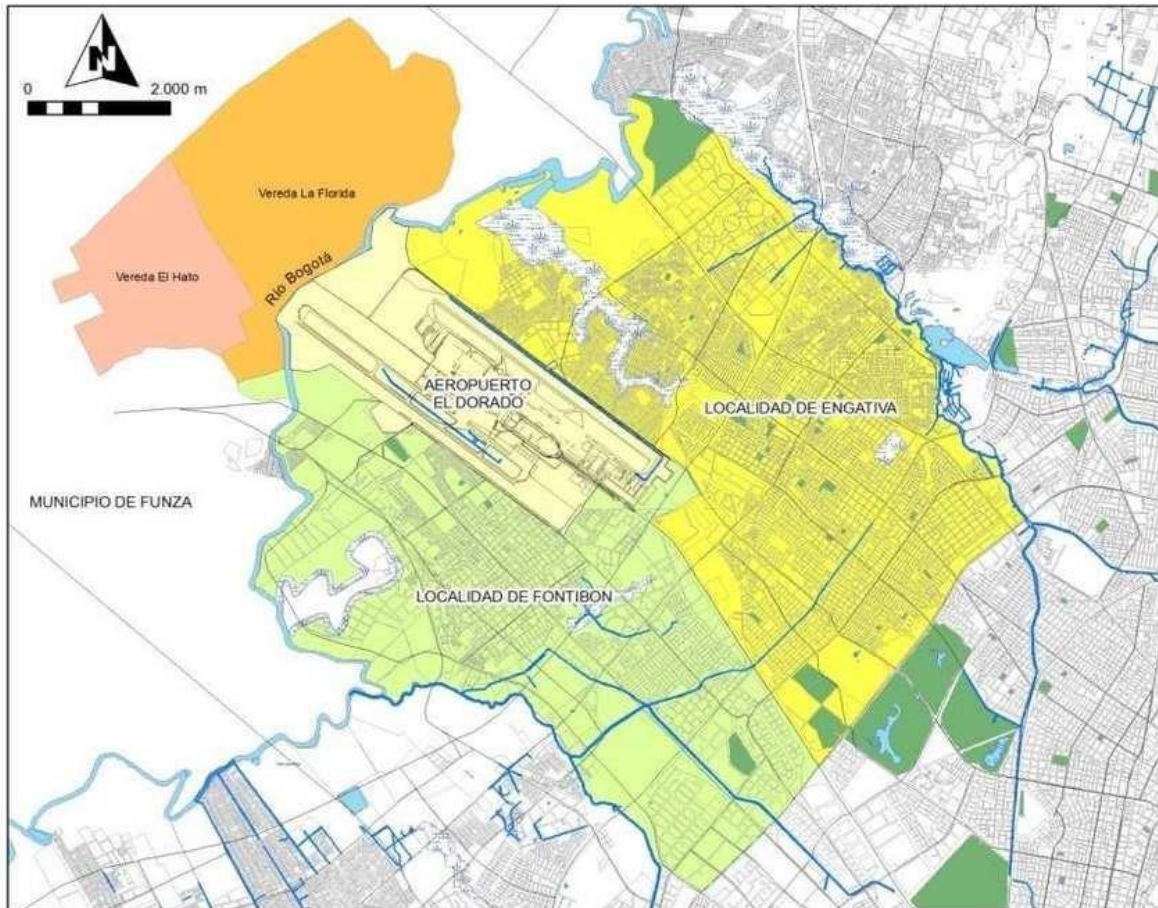
Tiempo, T. E. L. (2021, 6 julio). *Las tres aerolíneas de bajo costo que entran a competir en Colombia*. El Tiempo. <https://www.eltiempo.com/economia/empresas/aerolineas-de-bajo-costo-en-colombia-600851#:~:text=Las%20tres%20aerol%C3%ADneas%20de%20bajo%20costo%20que%20entran%20a%20competir%20en%20Colombia,-Las%20tres%20aerol%C3%ADneas&text=Se%20trata%20de%20Volaris%2C%20Ultra%20Air%20y%20Viva%20Aerobus.>

Beltrán Plazas, C. A. (2018). Optimización de las Operaciones Aéreas en el Aeropuerto Internacional el Dorado

Córdoba Arcila, M. H. (2016). Los efectos de las Operaciones Estratégicas en el desarrollo urbanístico de Bogotá (1997-2012): el caso de la Operación estratégica Fontibón-Aeropuerto El Dorado. Escuela de Arquitectura y Urbanismo

12.ANEXOS

ANEXO A. Plano aeropuerto internacional el dorado



Díaz Olariaga, Oscar & Ortiz, Camilo & Gavilan, Andres. (2017). Análisis por microsimulación del acceso vial al aeropuerto. caso del aeropuerto de bogotá (colombia) microsimulation analysis of access road to the airport. case of the airport of bogotá (colombia).

ANEXO B. Propuestas

Dentro de las propuestas para solucionar la falta de capacidad del Aeropuerto Internacional El Dorado se tienen las siguientes.

Propuesta A: La construcción de una tercera pista paralela en el Aeropuerto existente, exclusivo para vuelos de carácter nacional

Desventajas:

- Para realizar esta opción se tendría que realizar un desplazamiento masivo en las urbanizaciones existentes en las localidades de Engativá y Fontibón, teniendo en cuenta el impacto que generaría económica y socialmente para las grandes poblaciones ya existentes.
- Es poco viable, la realización de una ampliación dentro del ya existente aeropuerto, al estar colindando con poblaciones de gran volumen, máximo se lograría desplazar el terreno necesario para la pista, siendo poco funcional en lo que tiene que ver con la satisfacción de la demanda en el aeropuerto.
- La demolición de la alta cantidad de viviendas y el traslado de los desechos generaría un coste bastante significativo en la realización de este proyecto.
- El estar tan cerca de poblaciones ya existentes, el aeropuerto generaría mayor cantidad de ruido en un mismo centro, al haber mayor capacidad aeroportuaria, por ende, para poder solucionar este inconveniente según la normativa del Manual de planificación de Aeropuertos Parte 2, se tendría que realizar una atenuación del ruido, en una espesura de 100 metros de hojas perennes, la atenuación del ruido sería de 25 a 30 dB. Al seleccionar los árboles que vayan a utilizarse para realizar un pequeño bosque, deben de ser especies que sean apropiadas a las condiciones climáticas del lugar donde esté el aeropuerto, que eviten acumulación de

aves, se deberían de insonorizar los edificios aledaños para proteger a sus ocupantes, generando aún más gastos en la obra, siendo económicamente menos viable.

- Ventajas:
 - Se lograría la construcción de una tercera pista, permitiendo Mejor sincronización de trabajos simultáneos en pistas, consiguiéndose aprovechar estudios meteorológicos, geotécnicos, etc., previamente realizados, generando menos gastos en lo que concierne a estudios.
 - No habría mayores tiempos de esperas por parte de los pasajeros para poderse comunicar con la terminal correspondiente.
-
- Propuesta B: Realizar un aeródromo y un aeropuerto anexo al ya existente en Madrid-Cundinamarca en terrenos totalmente baldíos
 - Desventajas:
 - Se producirían largos trayectos al haber una distancia aproximada de 11.31Kilometros generando demoras en el desplazamiento entre un aeropuerto y otro, siendo contraproducente a la función neta del proyecto que es reducir el tiempo de esperas.
 - El largo trayecto da lugar a mayores tramos de construcción para el metro, es decir mayor cantidad de materiales, mayor tiempo de ejecución y mayores costes.
-
- Propuesta C: Realizar un aeródromo y un aeropuerto anexo al ya existente con conexión por metro subterráneo al Rio Bogotá.
 - Ventajas:
 - Ubicación, se encuentra ubicado a tan solo 4 Kilómetros de distancia del aeropuerto base, en un terreno libre, poco habitado en las veredas de La Florida y el Hato, ubicado a 4°43'13"N y 10°0'0" W donde no se realizarían ningún tipo de desplazamiento masivo a poblaciones y se haría compra de las dos propiedades ya ocupadas en el terreno, para su posterior demolición.
 - . Económicamente siendo el más viable, al ser una construcción sencilla, un corto tramo de metro, cercana al aeropuerto base, lográndose

- construir consigo una pista paralela con las mismas direcciones magnéticas de las ya existentes a las ya existentes, aprovechando las condiciones meteorológicas ya conocidas en el aeropuerto base y demás estudios correspondientes para así lograr realizar trabajos simultáneos de mejor manera. Además, no se tendrían que realizar obras de aislamiento acústico ni reducción de ruido a tal magnitud como en la opción A, ya que no hay una población afectada a tal escala.
- Funcionalmente más aconsejable debido a la cercanía de ambos aeropuertos, solucionará el problema de capacidad del aeropuerto para el crecimiento del volumen de la demanda de pasajeros, menos demoras por congestión aérea (despeje y aterrizaje), fácil conexión a la llegada de un vuelo nacional a uno nacional y menor tiempo en la gestión de tiquetes.
 - Desventajas:
 - . Imposibilidad de ampliar la pista a futuro debido a que se toparía con el río Bogotá.
 - Método multicriterio para elección de alternativa a través del valor técnico ponderado.
 - Para la ejecución de la elección de la alternativa para solucionar la falta de capacidad para el creciente volumen de la demanda de pasajeros y la disminución de tiempos de espera, se emplea el método multicriterio del valor técnico ponderado VTC, debido a que es de los métodos más sencillos, que pueden ser utilizados en todas las fases del proyecto y permite aplicar pesos de importancia a los criterios mencionados

Tabla 1. Calificaciones alternativas

Criterios	Peso	A	B	C
1.Economía	30%	9	4	8
2.Proceso de construcción	25%	7	5	7
3.Medio Ambiente	20%	3	5	5
4.Funcionalidad	25%	3	7	9

Suma ponderada		580	520	740
Valor técnico ponderado		0.58	0.52	0.74

Es sencillo concluir a partir de las ventajas y desventajas de este proyecto y las calificaciones obtenidas que la solución C, es la más lógica y viable con respecto a la solución que ofrece, su puesta en marcha, su impacto ambiental y económico

ANEXO C. AIP del aeropuerto internacional el dorado

1. INDICADOR DE LUGAR /
NOMBRE DEL AERÓDROMOSKBO - BOGOTÁ
El Dorado

2. DATOS GEOGRÁFICOS Y DE ADMINISTRACIÓN DEL AD

Coordenadas ARP: 04 42 05,76 N 074 08 49,00 W
Distancia y dirección a la ciudad: 12 KM
Elevación: 2548,16 m / 8.360 ft
Temperatura de referencia: 20 °C
Declinación magnética: 07°28' W (2019) / 00° 09' W anual
Administración: Sede Corporativa OPAIN S.A.
Dirección: Aeropuerto Internacional El Dorado Calle 26 # 103-09 – Bogotá Colombia
Teléfono: PBX 2662000TWR 2962615 - ARO 2962253
PBX: 4397070
AFS: SKBOYDYA - SKBOYDYX
Página Web: eldorado.aero/contactenos/
Tránsito autorizado: Llegando IFR y saliendo IFR y VFR
Observaciones: Departamento Cundinamarca.

3. SERVICIOS. HORAS DE OPERACIÓN

Aeropuerto: H24
Aduana e Inmigración: H24
Médicos y sanidad: H24
AIS/NOF: H24
AIS/ARO: H24
MET: H24
ATS: H24
Abastecimiento de combustible: H24
Seguridad: H24

Observaciones: NIL

4. SERVICIOS INSTALACIONES DE ASISTENCIA EN TIERRA

Instalaciones para el manejo de carga: A cargo de las empresas aéreas.
Tipos de combustible: JET A-1
Tipos de lubricantes: NO
Capacidad de reabastecimiento: Sistema de hidrantes de combustibles con capacidad de suministro de 100 galones por minuto, en las plataformas del Terminal 1, Terminal 2 y Terminal de Carga.
Sistema de abastecimiento con vehículos cisterna, con capacidades 10000-9600-6000-5000-3000 y 2500 galones.
Una (1) estación de carga de combustible.
Espacio disponible en hangar: NIL
Instalaciones para reparaciones: Empresas particulares, servicios menores y mayores
Observaciones: NIL

5. INSTALACIONES PARA PASAJEROS

Hoteles: En la ciudad
Restaurantes: SI
Transporte: Autobuses, taxis, colectivos, auto-pulmans de turismo y alquiler de autos.
Instalaciones médicas: Primeros auxilios, ambulancias y puntos de vacunación.
Banco: Cajeros Automáticos
Oficina postal: No
Información turística: SI
Observaciones: Servicio de guarda equipajes

6. SERVICIO DE EXTINCIÓN DE INCENDIO SALVAMENTO

Categoría: 10
Equipo de salvamento: No
Capacidad para retirar aeronaves inutilizadas: A cargo de las empresas aéreas
Observaciones: 4 vehículos contra incendio con capacidad total de descarga 20.903 Lt/min, 1 vehículo de rescate, 1 equipo de respuesta hazmat nivel operacional.

7. REMOCIÓN DE OBSTÁCULOS

Equipos: No
Prioridad de limpieza: No
Observaciones: NIL

8. DETALLES DEL ÁREA DE MOVIMIENTO

Plataformas: **Superficie:** Concreto
Resistencia: PCN 61/R/D/W/T/
Calles de rodaje: **Anchura:** A, A7, A5, B7, A4, K = 30 m
P = 36 m
K6, N, M, K4, K3, B6 = 39 m
G, C = 44 m
E = 65 m
Superficie: Asfalto y concreto
Resistencia: TWY A, A7, A5, B7, A4, P, A8, N
M, G, E, C:
PCN 80/F/C/W/T
TWY M, N, P, U, V:
TWY K, K7, K8, K6, K3, K2, K1:
PCN 104/F/D/W/T

Calles de rodaje acceso a puesto de estacionamiento

Anchura: B1, B2, B3, B4 = 14 m
B12 = 20 m (Categoría B o inferior)
B13 = 17 m (Categoría C o inferior)
B14 = 13 m (Categoría B o inferior)
B15 = 9 m (Categoría A)
B16 = 16 m (Categoría B o inferior)
J, H1, H2 = 25 m
J3, G = 44 m (Categoría C o inferior)
B11 entre B y plataforma T2 = 45 m (Categoría C o inferior)
C entre B6 y P = 25 m (Categoría C o inferior)
E = 85 m (Categoría E o inferior)
D, F entre N y plataforma T1 = 42 m (Categoría C o inferior)

Posiciones de comprobación:

VOR: NIL
INS: 04°42.1' N 074°09.0' W
Altímetro: Plataforma terminal, elevación 8.361

FT

Observaciones: * R Estructura rígida con pavimento flexible.

9. SISTEMAS Y SEÑALES DE GUÍA DE RODAJE

Sistema de guía de rodaje: Tableros iluminados
Señalización de RWY: Ejes señalizados con pintura.
Señalización de TWY: Tableros iluminados
Observaciones: Luces indicadoras de barra de parada, Ver Circuitos de rodaje

10. OBSTÁCULOS

En áreas de aproximación y despegue: SI
RWY: 31R
Obstáculo: Línea de energía
Localización: 600 m del umbral de RWY, elevación 10 m, rumbo 127°
Señalización: Iluminados
Observaciones: NIL

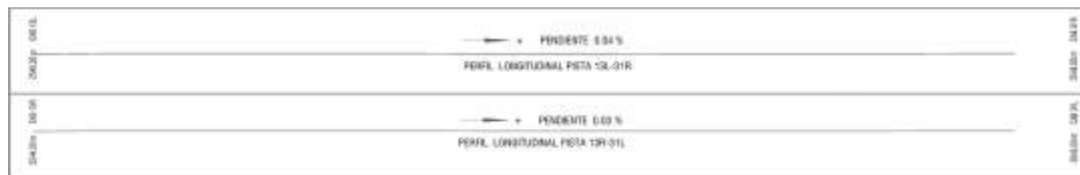
11. SERVICIO METEOROLÓGICO PROPORCIONADO

Oficina MET: IDEAM
Horario: H24
TAF/ Período de validez: 24 horas actualizado cada 6 horas
Pronóstico de aterrizaje: Según tendencia
Información: TAF, METAR, SPECI, SINOP, CLIMAT
Documento de vuelo: Carpeta completa
Idioma: español, inglés
Cartas: Mapas significativos provistos de altitud y de vientos máximos
Equipo suplementario: Radar Meteorológico, Imágenes Satelitales, LEADS en línea.
Dependencias ATS atendidas: ACC, APP, TWR, ARO
Información adicional: Oficina principal
Observaciones: NIL

12. CARACTERISTICAS FISICAS DE LA PISTA

RWY	Dirección GEO/MAG	DIM (m)	Localización THR	Elevación THR (m/FT)	Dimensiones (m)					Superficie Resistencia- ACN/PCN
					SWY	CWY	Franja	RESA	OFZ	
13L	127.01° 134	3800 x 45	04 42 48,21 N 074 09 07,42 W	2546,94 8356	No	150	3920 x 300	NIL	NIL	Asfalto PCN 104/F/D/W/T
31R	307.01° 314	3800 x 45	04 41 33,74 N 074 07 29,01 W	2548,16 8360	No	150				
13R	127.03° 134	3800 x 45	04 42 37,78 N 074 10 08,97 W	2545,72 8352	60	300	4400 x 300	NIL	NIL	Asfalto PCN 80/F/C/W/T
31L	307.03° 314	3800 x 45	04 41 23,28 N 074 08 30,60 W	2546,94 8356	60	300				

Observaciones: NIL



Perfil:

13. DISTANCIAS DECLARADAS

RWY	TORA (m)	TODA (m)	ASDA (m)	LDA (m)
13L	3800	3950	3800	3800
31R	3800	3950	3800	3800
13R	3800	4100	3860	3800
31L	3800	4100	3860	3800

Observaciones: NIL

14. LUCES DE APROXIMACION Y DE PISTA

RWY	ALS			PAPI (1)	REDL		
	Aproximación			APAPI (2)	Borde de pista		
	Categoría (I, II, III)	Longitud (m)	Intensidad (Alta - Media - Baja)	Indicador de trayectoria de aproximación de precisión	Color	Longitud (m)	Intensidad (Alta - Media - Baja)
13L	ALS F 3			(1) 3° MEHT 71 ft	Blancas	3200	Alta
	III	900	Alta	(1) 5,24 %	Amarillas	600	Alta
31R	No			(1) 3° MEHT 81 ft	Blancas	3200	Alta
				(1) 5,24 %	Amarillas	600	Alta
13R	ALS F 3			(1) 3° MEHT 72 ft	Blancas	3200	Alta
	III	900	Alta	(1) 5,24 %	Amarillas	600	Alta
31L	No			(1) 3° MEHT 81 ft	Blancas	3200	Alta
				(1) 5,24 %	Amarillas	600	Alta

RWY	REIL	RTHL	RTZL	RENL	STWL	RCLL			
	Identificadoras de fin de pista	Umbral de pista	Zona toma de contacto	Extremo de pista	Zona de parada	Eje de pista			
						Color	Longitud (m)	Separación (m)	Intensidad (Alta - Media - Baja)
13L	No	Verdes	Blancas	Rojas	No	Blancas	2900	15	Alta
						Blancas/rojas	600	15	Alta
						Rojas	300	15	Alta
31R	No	Verdes	Blancas	Rojas	No	Blancas	2900	15	Alta
						Blancas/rojas	600	15	Alta
						Rojas	300	15	Alta
13R	Si	Verdes	Blancas	Rojas	No	Blancas	2900	15	Alta
						Blancas/rojas	600	15	Alta
						Rojas	300	15	Alta
31L	No	Verdes	Blancas	Rojas	No	Blancas	2900	15	Alta
						Blancas/rojas	600	15	Alta
						Rojas	300	15	Alta

Observaciones: PAPI pista 13L/31R distribuidas a ambos lados del eje

15. OTRAS LUCES, FUENTE SECUNDARIA DE ENERGIA

ABN	WDI ⁽¹⁾ LDI ⁽²⁾	TWY	Plataforma	Fuente secundaria	Observaciones
Si	(1) 1 cerca THR 13L (1) 1 entre TWY A3 y A4 (1) 1 entre TWY A7 y A8 (1) 1 cerca THR 31R (1) 1 cerca THR 13R (1) 1 cerca THR 31L (2) 1 entre TWY A4 y A5	Borde: En calles de rodaje A, A4, A5, A6, A7, A8, A9, B, B5, B6, B7, B10, B11, B13, M, N, P. Eje: En calles de rodaje A, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, M, N, E, H, K, K1, K2, K3, K4, K5, K6, K7, K8	Faros de iluminación	3 plantas de 385 KW, 2 de 400 KW, 1 de 75 KW, 1 de 35 KW, 2 de 500 KW.	NIL

16. ZONA PARA ATERRIZAJE DE HELICOPTEROS

Localización	Elevación	Dimensiones SFC/Resistencia Señales TLOF y de FATO	BRG Geográfica y MAG de FATO	Distancia declarada disponible	Luces APCH y FATO	Observaciones
No	No	No	No	No	No	NIL

17. ESPACIO AEREO ATS

DENOMINACION Y LIMITES LATERALES	LIMITES VERTICALES	CLASE DE ESPACIO AEREO	UNIDAD RESPONSABLE IDIOMA	ALTITUD DE TRANSICION
ATZ EL DORADO: Círculo de 6,2 NM de radio centrado en el ARP SKBO, complementando el círculo con una extensión hacia el noroeste dentro de las siguientes coordenadas: iniciando en 04 42 23.69 N 074 15 00.57 W, línea recta a 04 43 06.50 N 074 15 59.36 W, línea recta a 04 48 36.31 N 074 12 00.78 W, línea recta terminando en 04 47 53.30 N 074 11 01.66 W.	11.500 FT AMSL GND	D	EL DORADO TWR ES / EN	18.000 FT
CTR EL DORADO: Zona Uno Círculo de 6,2 NM de radio centrado en el ARP SKBO, complementando el círculo con una extensión hacia el noroeste dentro de las siguientes coordenadas: A) 04 42 23.69 N 074 15 00.57 W B) 04 43 06.50 N 074 15 59.36 W C) 04 46 16.75 N 074 20 20.65 W D) 04 51 23.76 N 074 27 22.30 W E) 04 56 53.63 N 074 23 24.40 W F) 04 48 36.31 N 074 12 00.78 W	11.500 FT AMSL GND	D	EL DORADO TWR ES / EN	18.000 FT
Zona Dos Dentro de las siguientes coordenadas formado por los puntos: B) 04 43 06.50 N 074 15 59.36 W C) 04 46 16.75 N 074 20 20.65 W D) 04 51 23.76 N 074 27 22.30 W E) 04 56 53.63 N 074 23 24.40 W F) 04 48 36.31 N 074 12 00.78 W	11.500 FT AMSL 10.500 FT AMSL	A	BOGOTA LLEGADAS ES / EN	18.000 FT

Zona Tres Formado por arco de círculo de 6,2 NM de radio centrado en el ARP SKBO, comenzando en: M) 04 35 53.90 N 074 08 59.36 W A) 04 42 23.69 N 074 15 00.57 W C) 04 46 16.75 N 074 20 20.65 W Línea en arco de círculo de 12,26 NM de radio centrado en el ARP SKBO hasta el punto C9 hasta el punto: N) 04 30 30.44 N 074 12 49.65 W y de este punto hasta el punto de origen M) 	11.500 FT AMSL 10.500 FT AMSL	A	BOGOTA TERMINAL SUR ES / EN	18.000 FT
Zona Cuatro Formado por arco de círculo de 6,2 NM de radio centrado en el ARP SKBO, comenzando en: H) 04 47 08.63 N 074 05 13.00 W J) 04 51 03.00 N 074 03 34.00 W K) 04 49 39.00 N 074 00 15.00 W L) 04 43 35.60 N 074 02 48.01 W, en arco de círculo de 6,2 NM de radio centrado en el ARP SKBO (N04°42'05.76" W074°08'49.00"), hasta el punto H) 	11.500 FT AMSL 10.500 FT AMSL	A	BOGOTA TERMINAL NORTE ES / EN	18.000 FT

18. INSTALACIONES DE COMUNICACIONES ATS

Servicio	Distintivo de llamada	Frecuencia	HR	Observaciones
TWR	El Dorado TWR Norte	118,1 MHz	H24	Pista 13L/31R
		118,35 MHz	H24	Frecuencia alterna
	El Dorado TWR Sur	118,25 MHz	H24	Pista 13R/31L
		118,35 MHz	H24	Frecuencia alterna
	El Dorado Superficie Norte	121,8 MHz	H24	SMC 13L/31R
		122,4 MHz	H24	Frecuencia alterna
	El Dorado Superficie Sur	122,75 MHz	H24	SMC 13R/31L
		122,4 MHz	H24	Frecuencia alterna
APP	Bogotá Llegadas	119,5 MHz	H24	Sector Bogotá Llegadas
		119,05 MHz	H24	Frecuencia alterna
	Terminal Oeste	119,95 MHz	H24	Sector Terminal Oeste
		120,95 MHz	H24	Frecuencia alterna
	Terminal Sur	119,65 MHz	H24	Sector Terminal Sur
		120,65 MHz	H24	Frecuencia alterna
	Terminal Norte	121,3 MHz	H24	Sector Terminal Norte
		120,3 MHz	H24	Frecuencia alterna
ACC	Bogotá Control NE	128,6 MHz	H24	Sector NE
		128,5 MHz	H24	Frecuencia alterna
	Bogotá Control SE	128,8 MHz	H24	Sector SE
	Bogotá Control NW	123,7 MHz	H24	Sector NW
		123,85 MHz	H24	Frecuencia alterna
	Bogotá Control SW	125,1 MHz	H24	Sector SW
		125,95 MHz	H24	Frecuencia alterna
FIS	Emergencia	121,5 MHz	H24	Emergencia
ATIS	Bogotá Información	126,9 MHz	1100-2300	Frecuencia alterna
		126,75 MHz		Tripulaciones deben colacionar al primer contacto con el ATC el mensaje ATIS de la hora.
		127,8 MHz	H24	

19. RADIOAYUDAS PARA LA NAVEGACION Y EL ATERRIZAJE

Instalación (VAR)	ID	FREQ	HR	Localización	Elevación	Observaciones
VOR	BOG	113,9 MHz	H24	04 50 48 N 074 19 24 W	9.906 FT	Cobertura 100 NM
DME	BOG	CH 86 X	H24	04 50 48 N 074 19 24 W	9.906 FT	Cobertura 150 NM
NDB						
VOR	SOA	108,6 MHz	H24	04 36 11 N 074 16 23 W	8.069 FT	
DME	SOA	23-X	H24	04 36 11 N 074 16 23 W	8.108 FT	Cobertura 150 NM
ILS/LLZ	IEDR	111,3 MHz	H24	04 41 27,925 N 074 07 21,344 W	8.430 FT	Categoría 3, pista 13L
ILS/GP		332,3 MHz	H24	04 42 45,179 N 074 08 56,805 W	8.425 FT	Pista 13L, GP 3°
ILS/DME		CH 50 X	H24	04 42 45,179 N 074 08 56,805 W	8.425 FT	Pista 13L
OM						
MM						
LO						
ILS/LLZ	IADO	110,7 MHz	H24	04 41 15,733 N 074 08 20,651 W		Categoría 3, pista 13R
ILS/GP		330,2 MHz	H24	04 42 29,178 N 074 10 03,378 W		Pista 13R, GP 3°
ILS/DME		CH 44 X	H24	04 42 29,178 N 074 10 03,378 W		Pista 13R
MM	AD	75 MHz	H24	04 42 58,369 N 074 10 36,189 W		Pista 13R
IM	DO	75 MHz	H24	04 42 45,775 N 074 10 19,258 W		Pista 13R

20. REGLAMENTACIÓN LOCAL

- Aeronaves de carga de transporte aéreo no regular registradas en Colombia ante la oficina de transporte aéreo, no requieren presentar con el Plan de vuelo:
- Paz y salvo por concepto de derechos de uso de aeródromo y servicios de protección al vuelo expedido por la administración.
- Sellos de las autoridades de emigración y aduana en la copia del General Declaration.

1. Pista 13L/31R:

Entre las 1100-0459 sin restricción.

Entre las 0500-1059 para aterrizaje Pista 13L y para despegue Pista 31R.

RWY 13L:

Circuito de transito de aeródromo con virajes a la izquierda (Norte)

RWY 31R:

Circuito de transito de aeródromo preferente con virajes a la derecha (Norte)

2. Pista 13R/31L:

Entre las 1100-0300 sin restricción.

Entre las 0301-0459 para aterrizajes Pista 13R.

Entre las 0500-1059 para aterrizaje Pista 13R y para despegue Pista 31L.

RWY 13R

Circuito de transito de aeródromo con virajes a la derecha (Sur)

RWY 31L

Circuito de transito de aeródromo preferente con virajes a la izquierda (Sur)

NOTA: De acuerdo a las fechas y horas descritas durante las horas de restricción por mantenimiento de la infraestructura aeroportuaria, la capacidad del Aeropuerto Internacional El Dorado se verá afectada en un valor del cincuenta por ciento (50%), por lo que se insta a los usuarios a que realicen con la debida antelación la coordinación respectiva de cada uno de los vuelos ante la oficina de coordinación de slot.

3. Está prohibida la operación de aeronaves a pistón
4. Está prohibida la operación de vuelos de instrucción.
5. Está prohibida la llegada de vuelos de ala fija con plan de vuelo VFR
6. Toda aeronave de aviación general, aviación comercial no regular o aeronave en vuelo charter de matrícula nacional o extranjera que utilice como destino el aeropuerto internacional El Dorado debe tener un operador establecido en el aeropuerto o contratar una empresa de servicio de escala en aeropuerto (Handling).
7. Toda aeronave clasificada en la siguiente tabla, que pretenda despegar del aeropuerto internacional El Dorado, deberá proceder con plan de vuelo VFR, en su primera fase de vuelo, insertando en la casilla 8 del FPL la letra Z (inicial VFR) o V (VFR) según corresponda.

DESIGNADOR OACI (MIL)	DESCRIPCION	WTC
ARVA (RV01)	L2T	L
AT8T	L1T	L/M
C208	L1T	L
C212	L2T	M
DC3T (AC47)	L2T	M
DHC6	L2T	L
E110	L2T	L
E314 (A-29)	L1T	L
E500	L1T	L
L410	L2T	L
PC7	L1T	L
TUCA	L1T	L
V10	L2T	L

NOTA: Se incluyen todas las aeronaves monomotor y bimotores de similar rendimiento en despegue.

8. Las aeronaves clasificadas en el numeral 6 podrán efectuar despegues durante las horas diurnas, siempre y cuando las condiciones de visibilidad y techo reportadas sean iguales o superiores a las siguientes:

- Visibilidad horizontal: 5000 M
- Techo de nubes: 1500 FT AGL

En horas nocturnas o en caso de que las condiciones meteorológicas sean inferiores a los parámetros anteriores, no se autorizará la salida de estas aeronaves.

9. Las aeronaves mencionadas en el numeral 7, con reglas de vuelo V o Z, no estarán sujetas al control ATFM para su salida, y sus despegues podrán ser autorizados desde las intersecciones por parte del control de tránsito aéreo.

10. La Dirección de Servicios a la Navegación Aérea podrá expedir permisos temporales limitados para que las aeronaves mencionadas en el numeral 7 procedan con plan de vuelo IFR saliendo de Bogotá, en cuyo caso estarán sujetas de medidas ATFM.

Nota: Estarán exentos de esta restricción los vuelos con STATUS (EMER, SAR, HEAD, HUM, HOSP, VIP2).

11. Solamente aeronaves de estado.

Todas las aeronaves de estado que se sujeten a las siguientes medidas, deberán tener registrado en la casilla 18 del FPL el indicador STS/STATE:

- Respecto de la tabla establecida en el numeral 7, en horario nocturno o cuando la visibilidad sea inferior a lo establecido en 8, únicamente las aeronaves de estado tipo C208 podrán presentar plan de vuelo IFR. En este caso estarán sujetas a medidas ATFM.
- Siempre que se cumplan las condiciones descritas en el numeral 8, se podrán aceptar planes de vuelo VFR en horas nocturnas para aeronaves equipadas con LVN o NVG. Esta condición deberá ser insertada en la casilla 18 del plan de vuelo.
- Las aeronaves de estado incluidas en el numeral 7 podrán presentar planes de vuelo IFR despegando entre 0400 - 0940 UTC.
- Siempre que se cumplan las condiciones descritas en el numeral 8, las aeronaves de Estado, pueden proponer reglas de vuelo V o Z, sujeto a autorización y criterio por parte del ATC. En caso de ser aprobado, la aeronave no será objeto de medidas ATFM para el despegue.

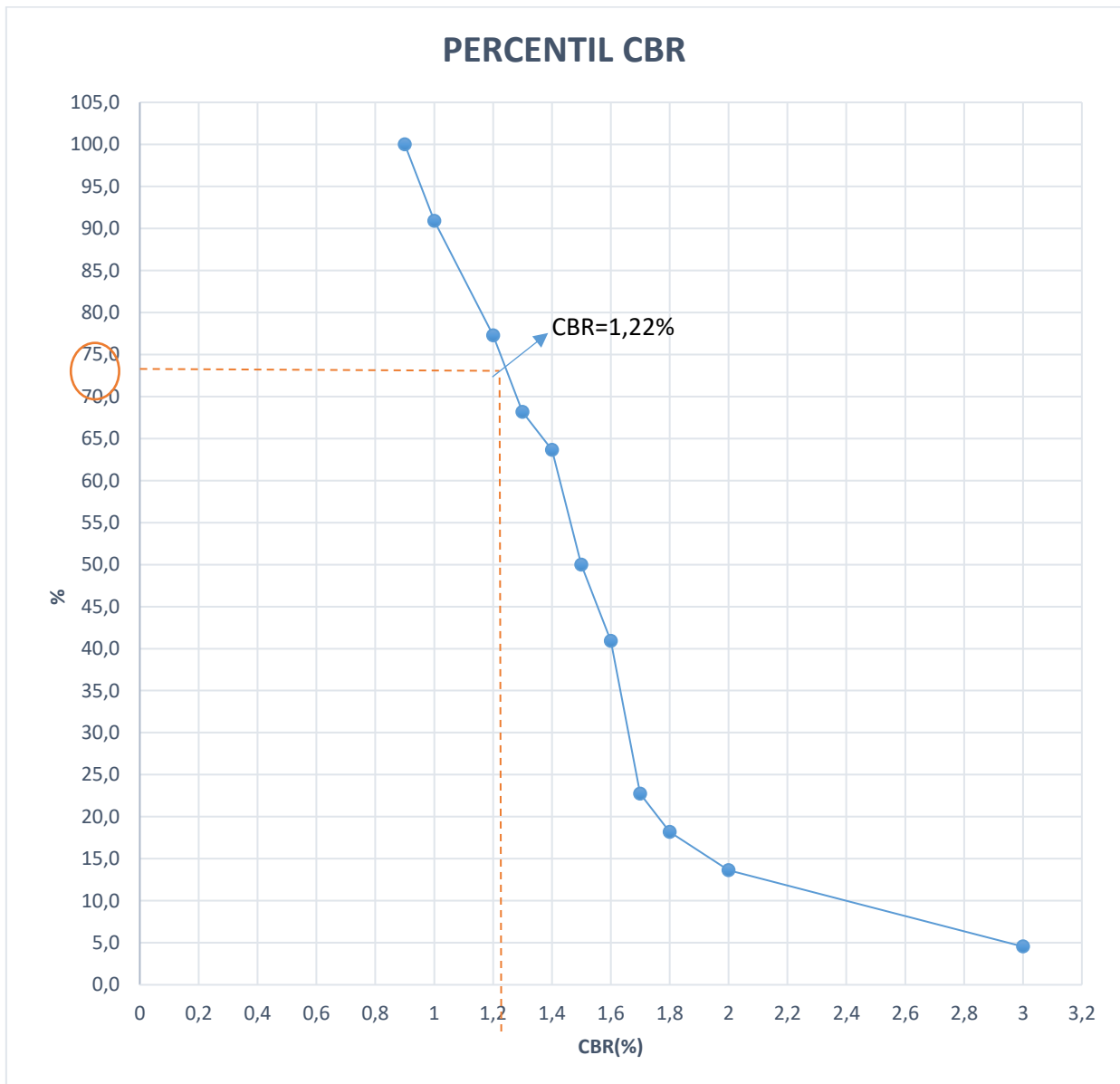
ANEXO D: cuadro de resúmenes de resultados del estudio de suelos de proyecto de correlación entre los resultados obtenidos del ensayo de cbr de campo y el ensayo de resistencia a la penetración estándar spt en condiciones normales, en suelos cohesivos localidad de Engativá ciudad de Bogotá D.C para la obtención del cbr.

API QUE No	PROFUNDIDAD m	TIPO DE SUELO	L L	LP	IP	IL	SPT	CBR%	W NATURAL %
1	1.00 - 1.50	CH	77	32	45	0,4	5	1,6	50,5
2	1.00 - 1.50	CH	159	49	110	0,1	4	1,5	57,2
4	1.00 - 1.50	CH	184	59	125	0,0	4	1,6	61,5
5	1.00 - 1.50	CH	122	35	87	0,2	3	1,0	53,8
6	1.00 - 1.50	CH	139	33	106	0,3	4	1,2	61,4
7	1.00 - 1.50	CH	123	32	91	0,4	6	2,0	65,0
8	1.00 - 1.50	CH	123	33	90	0,2	4	1,2	50,4
9	1.00 - 1.50	CH	139	34	105	0,2	5	1,6	55,2
10	1.00 - 1.50	CH	70	30	40	0,5	3	0,9	49,8
11	1.20 - 1.70	CH	155	47	108	0,2	5	1,3	63,9
12	1.20 - 1.70	CH	81	34	47	0,4	3	1,1	54,8
14	1.00 - 1.50	CH	78	30	48	0,5	3	1,0	53,9
15	1.00 - 1.50	CH	154	47	107	0,1	4	1,5	53,0
19	1.00 - 1.50	CH	83	33	50	0,2	7	3,0	41,1
20	1.00 - 1.50	CH	87	37	50	0,3	5	1,4	54,1
22	1.00 - 1.50	CH	94	37	57	0,3	5	1,6	55,5
24	1.00 - 1.50	CH	87	30	57	0,4	3	0,9	53,8
25	1.00 - 1.50	CH	89	36	53	0,4	4	1,7	54,8
26	1.00 - 1.50	CH	87	35	52	0,3	6	1,8	48,7
27	1.00 - 1.50	CH	88	36	52	0,3	4	1,4	51,0
28	1.00 - 1.50	CH	85	34	51	0,4	3	1,0	52,7
29	1.00 - 1.50	CH	95	36	59	0,3	5	1,4	52,4
30	1.00 - 1.50	CH	81	32	49	0,5	6	2,0	54,5

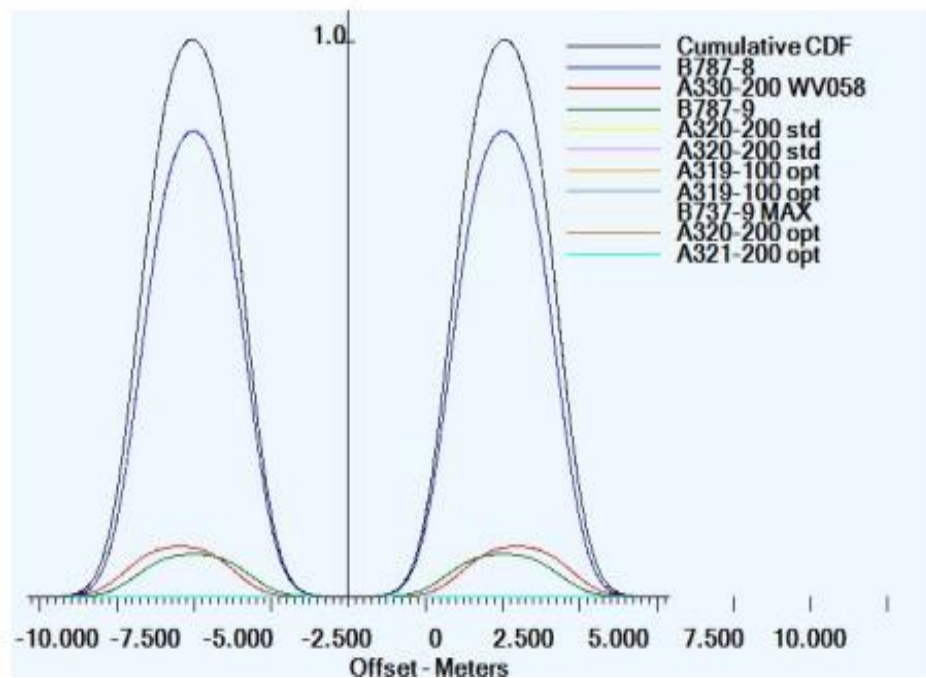
Tabla 1. CBR por el método del percentil

CBR (%)	VALORES > QUE	%	CBR (%)
0,9	22	100,0	0,9
1	20	90,9	1
1,2	17	77,3	1,2
1,3	15	68,2	1,3
1,4	14	63,6	1,4
1,5	11	50,0	1,5
1,6	9	40,9	1,6
1,7	5	22,7	1,7
1,8	4	18,2	1,8
2	3	13,6	2
3	1	4,5	3

Gráfica1.Percentil para el valor del diseño de CBR



ANEXO E: informes obtenidos del diseño del pavimento de la pista con el software faarfield 2.0



Federal Aviation Administration FAARFIELD 2.0 Form 5010

FAARFIELD 2.0.18 (Build 05/26/2022)

RUNWAY DATA

Job Name: PAVIMENTO AERODROMO NACIONAL AEROPUERTO EL DORADO

Section: AERODROMO NACIONAL AEROPUERTO EL DORADO

Gross Weight (In THSDS)

35 S	120
36 D	250
37 2D	461
38 2D/2D2	980

39 PCR	1074/F/D/X/T
--------	--------------

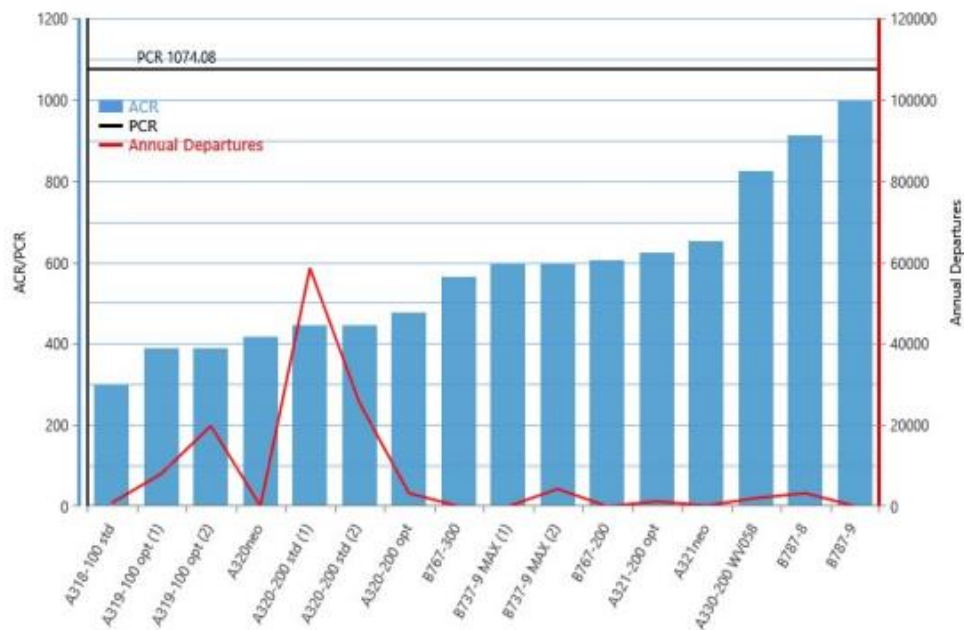
Federal Aviation Administration FAARFIELD 2.0 PCR Graph

FAARFIELD 2.0.18 (Build 05/26/2022)

Job Name: PAVIMENTO AERODROMO NACIONAL AEROPUERTO EL DORADO

Section: AERODROMO NACIONAL AEROPUERTO EL DORADO

Analysis Type: New Flexible



	A318-100 std	A321-200 opt	A320neo	A320-200 std	A319-100 opt	A320-200 std	A321neo	A319-100 opt	A330-200 WV058	B737-9 MAX	B737-9 MAX	A320-200 opt	B787-8	B767-200	B787-9	B767-300
Aircraft ACR (Blue Square Bar)	297.4	622.3	415.3	444.8	388.4	444.8	652.8	388.4	824.4	594.4	594.4	475.2	912.9	606.1	996	562.8
Calculated PCR (Black Line)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1074.1	-
Annual Departure	832	1214	62	58559	8031	25401	201	19792	2011	4	4268	3197	3221	1	75	53

Federal Aviation Administration FAARFIELD 2.0 PCR Report

FAARFIELD 2.0.18 (Build 05/26/2022)

Job Name: PAVIMENTO AERODROMO NACIONAL AEROPUERTO EL DORADO

Section: AERODROMO NACIONAL AEROPUERTO EL DORADO

This file name = PCR Results for New Flexible 2022-11-11 22:21:20

Evaluation pavement type is flexible and design program is FAARFIELD.

Section name: AERODROMO NACIONAL AEROPUERTO EL DORADO in job file: PAVIMENTO AERODROMO NACIONAL AEROPUERTO EL DORADO.JOB.xml

Units = Metric

Analysis Type: New Flexible

Subgrade Modulus =12.62MPa (Subgrade Category is D)

Evaluation Pavement Thickness = 1759 mm

Pass to Traffic Cycle (PtoTC) Ratio = 1.00

Maximum number of wheels per gear = 4

CDF = 0.430

At least one aircraft has 4 or more wheels per gear.

Results Table 1. Input Traffic Data

No.	Aircraft Name	Gross Weight (kg)	Percent Gross Weight	Tire Pressure (MPa)	Annual Departure	20 Years Coverage
1	A318-100 std	56,400	90.40	1,020.01	832	25,225
2	A321-200 opt	93,900	94.60	1,500.30	1,214	36,890
3	A320neo	70,400	93.80	1,220.37	62	1,882
4	A320-200 std	73,900	93.80	1,378.95	58,559	1,775,549
5	A319-100 opt	68,400	91.40	1,247.95	8,031	243,499
6	A320-200 std	73,900	93.80	1,378.95	25,401	770,176
7	A321neo	97,400	94.60	1,503.06	201	6,111
8	A319-100 opt	68,400	91.40	1,247.95	19,792	600,091
9	A330-200 WV058	238,900	94.80	1,420.32	2,011	62,955
10	B737-9 MAX	88,541	93.60	1,447.90	4	121
11	B737-9 MAX	88,541	93.60	1,447.90	4,268	128,834
12	A320-200 opt	78,400	92.80	1,441.00	3,197	96,941
13	B787-8	228,383	91.40	1,572.01	3,221	100,184
14	B767-200	166,921	92.40	1,310.00	1	31
15	B787-9	254,692	93.60	1,558.22	75	2,356
16	B767-300	159,665	92.40	1,344.48	53	1,632

Results Table 2. PCR Value

No.	Aircraft Name	Critical aircraft Total equiv. departures	Max allowable Gross Weight of critical aircraft (kg)	ACR Thick at max. MGW (mm)	PCR/F/D
1	B787-9	569	266,852	1,065	1074.1

Results Table 3. New Flexible ACR at Indicated Gross Weight and Strength

No.	Aircraft Name	Gross Weight (kg)	Percent Gross Weight on Main Gear	Tire Pressure (MPa)	ACR Thick (mm) (D)	ACR/F/D
1	A318-100 std	56,400	90.4	1,020.01	627	297.4
2	A321-200 opt	93,900	94.6	1,500.30	848	622.3
3	A320neo	70,400	93.8	1,220.37	724	415.3
4	A320-200 std	73,900	93.8	1,378.95	744	444.8
5	A319-100 opt	68,400	91.39999	1,247.95	704	388.4
6	A320-200 std	73,900	93.8	1,378.95	744	444.8
7	A321neo	97,400	94.6	1,503.06	866	652.8
8	A319-100 opt	68,400	91.39999	1,247.95	704	388.4
9	A330-200 WV058	238,900	94.8	1,420.32	953	824.4
10	B737-9 MAX	88,541	93.6	1,447.90	833	594.4
11	B737-9 MAX	88,541	93.6	1,447.90	833	594.4
12	A320-200 opt	78,400	92.8	1,441.00	765	475.2
13	B787-8	228,383	91.39999	1,572.01	996	912.9
14	B767-200	166,921	92.4	1,310.00	841	606.1
15	B787-9	254,692	93.6	1,558.22	1,031	996
16	B767-300	159,665	92.4	1,344.48	815	562.8

Federal Aviation Administration FAARFIELD 2.0 Section Report

FAARFIELD 2.0.18 (Build 05/26/2022)

Job Name: PAVIMENTO AERODROMO NACIONAL AEROPUERTO EL DORADO

Section: AERODROMO NACIONAL AEROPUERTO EL DORADO

Analysis Type: New Flexible

Last Run: Thickness Design 2022-11-11 22:20:00

Design Life = 20 Years

Total thickness to the top of the subgrade = 1759mm

Pavement Structure Information by Layer

No.	Type	Thickness (mm)	Modulus (MPa)	Poisson's Ratio	Strength R (MPa)
1	P-401/P-403 HMA Surface	102	1,378.95	0.35	0
2	P-401/P-403 HMA Stabilized	127	2,757.90	0.35	0
3	P-209 Crushed Aggregate	1,530	707.84	0.35	0
4	Subgrade	0	12.62	0.35	0

Airplane Information

No.	Name	Gross Wt. (kg)	Annual Departures	% Annual Growth
1	A318-100 std	56,400	832	6
2	A321-200 opt	93,900	1,214	6
3	A320neo	70,400	62	6
4	A320-200 std	73,900	58,559	6
5	A319-100 opt	68,400	8,031	6
6	A320-200 std	73,900	25,401	6
7	A321neo	97,400	201	6
8	A319-100 opt	68,400	19,792	6
9	A330-200 WV058	238,900	2,011	6
10	B737-9 MAX	88,541	4	6
11	B737-9 MAX	88,541	4,268	6
12	A320-200 opt	78,400	3,197	6
13	B787-8	228,383	3,221	6
14	B767-200	166,921	1	6
15	B787-9	254,692	75	6
16	B767-300	159,665	53	6

Additional Airplane Information

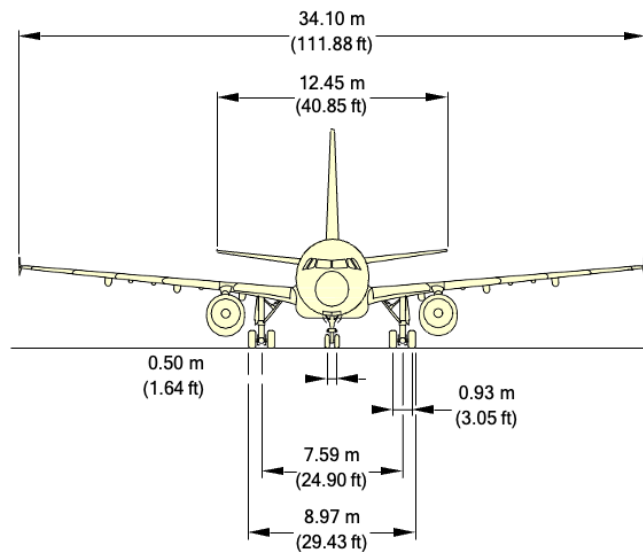
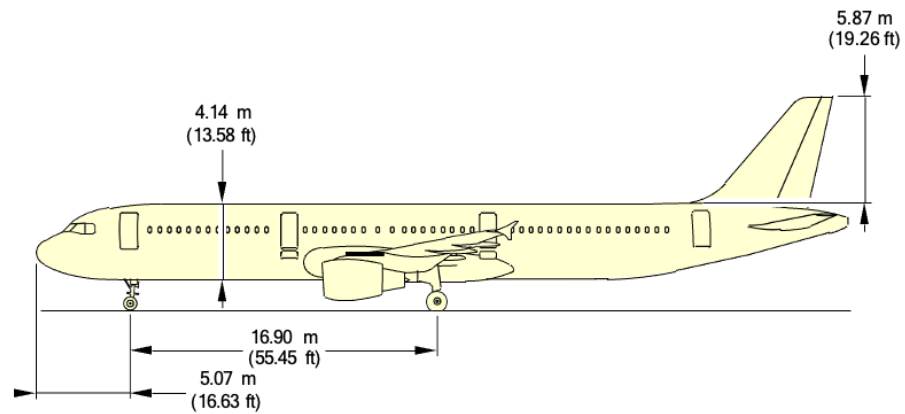
Subgrade CDF

No.	Name	CDF Contribution	CDF Max for Airplane	P/C Ratio
1	A318-100 std	0.00	0.00	1.05
2	A321-200 opt	0.00	0.00	1.05
3	A320neo	0.00	0.00	1.05
4	A320-200 std	0.00	0.00	1.06
5	A319-100 opt	0.00	0.00	1.05
6	A320-200 std	0.00	0.00	1.06
7	A321neo	0.00	0.00	1.05
8	A319-100 opt	0.00	0.00	1.05
9	A330-200 WV058	0.09	0.09	1.02
10	B737-9 MAX	0.00	0.00	1.06
11	B737-9 MAX	0.00	0.00	1.06
12	A320-200 opt	0.00	0.00	1.06
13	B787-8	0.84	0.84	1.03
14	B767-200	0.00	0.00	1.04
15	B787-9	0.08	0.08	1.02
16	B767-300	0.00	0.00	1.04

User Is responsible For checking frost protection requirements.

ANEXO F. Manual airbus A321

**ON A/C A321-100 A321-200



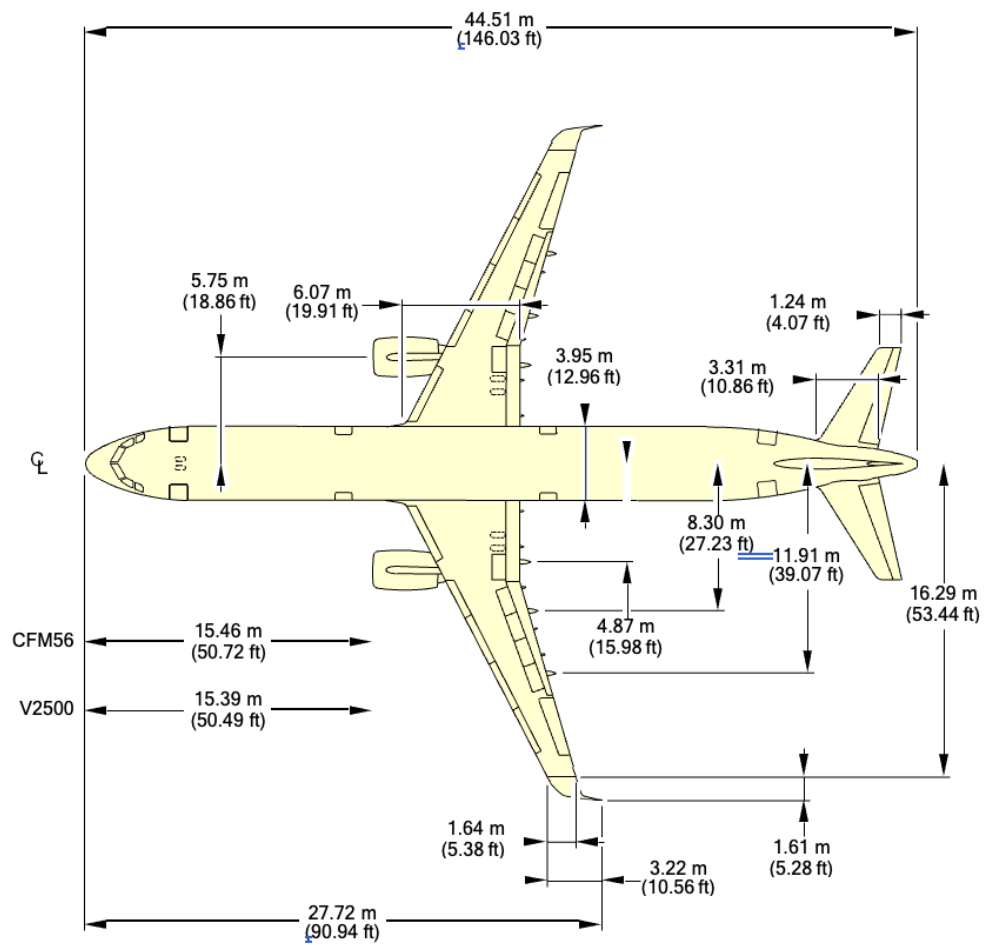
NOTE:
RELATED TO AIRCRAFT ATTITUDE AND WEIGHT.

N_AC_020200_1_0050101_01_04

General Aircraft Dimensions
Wing Tip Fence (Sheet 1 of 4)
FIGURE-2-2-0-991-005-A01

AIRCRAFT CHARACTERISTICS - AIRPORT AND MAINTENANCE PLANNING

**ON A/C A321-100 A321-200



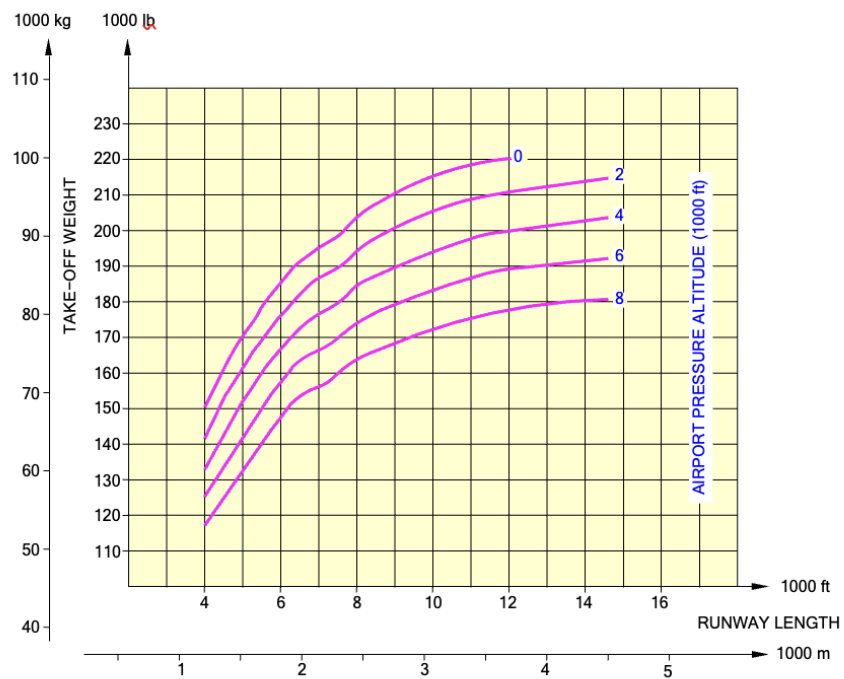
NOTE:
RELATED TO AIRCRAFT ATTITUDE AND WEIGHT.

N_AC_020200_1_0050105_01_02

General Aircraft Dimensions
Sharklet (Sheet 4 of 4)
FIGURE-2-2-0-991-005-A01

**ON A/C A321-100 A321-200

NOTE: THESE CURVES ARE GIVEN FOR INFORMATION ONLY
THE APPROVED VALUES ARE STATED IN THE "OPERATING
MANUALS" SPECIFIC TO THE AIRLINE OPERATING THE AIRCRAFT.

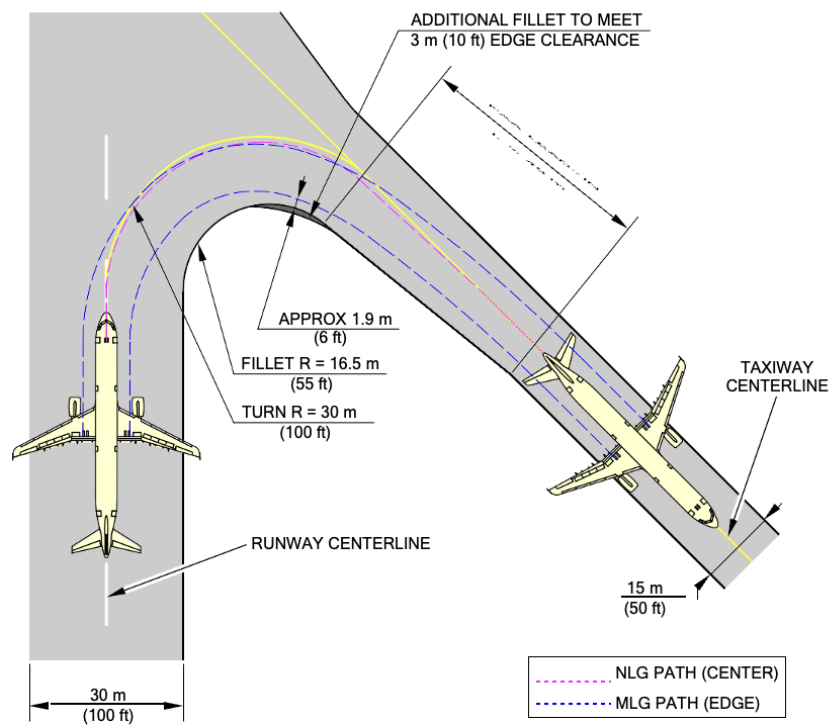


N_AC_030301_1_0070101_01_00

Take-Off Weight Limitation - ISA Conditions
CFM56 Series Engine
FIGURE-3-3-1-991-007-A01

**ON A/C A321-100 A321-200

**ON A/C A321-100 A321-200 A321neo



NOTE:
FAA GROUP III FACILITIES.

N_AC_040501_1_0060101_01_03

135° Turn - Runway to Taxiway
Cockpit Over Centerline Method
FIGURE-4-5-1-991-006-A01

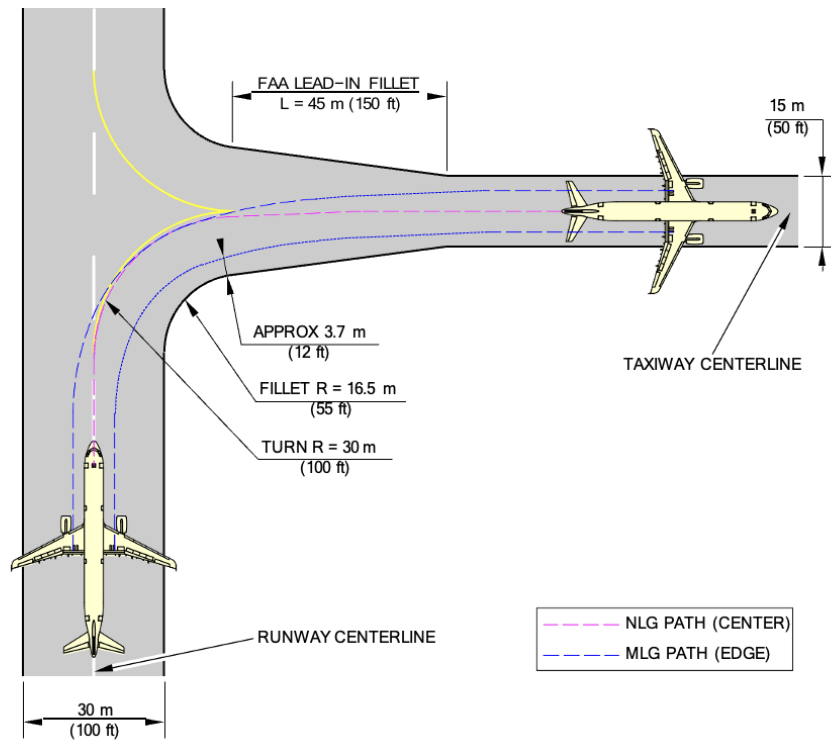
4-5-2

Page 1
Dec 01/20



AIRCRAFT CHARACTERISTICS - AIRPORT AND MAINTENANCE PLANNING

**ON A/C A321-100 A321-200 A321neo



NOTE:
FAA GROUP III FACILITIES.

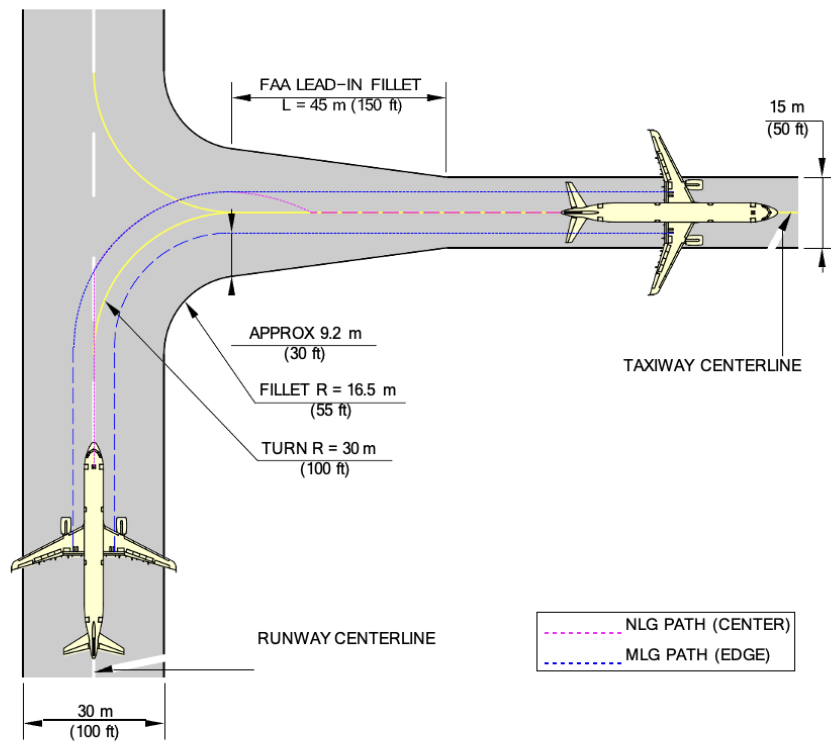
N_AC_040502_1_0060101_01_03

90° Turn - Runway to Taxiway
Cockpit Over Centerline Method
FIGURE-4-5-2-991-006-A01



AIRCRAFT CHARACTERISTICS - AIRPORT AND MAINTENANCE PLANNING

**ON A/C A321-100 A321-200 A321neo

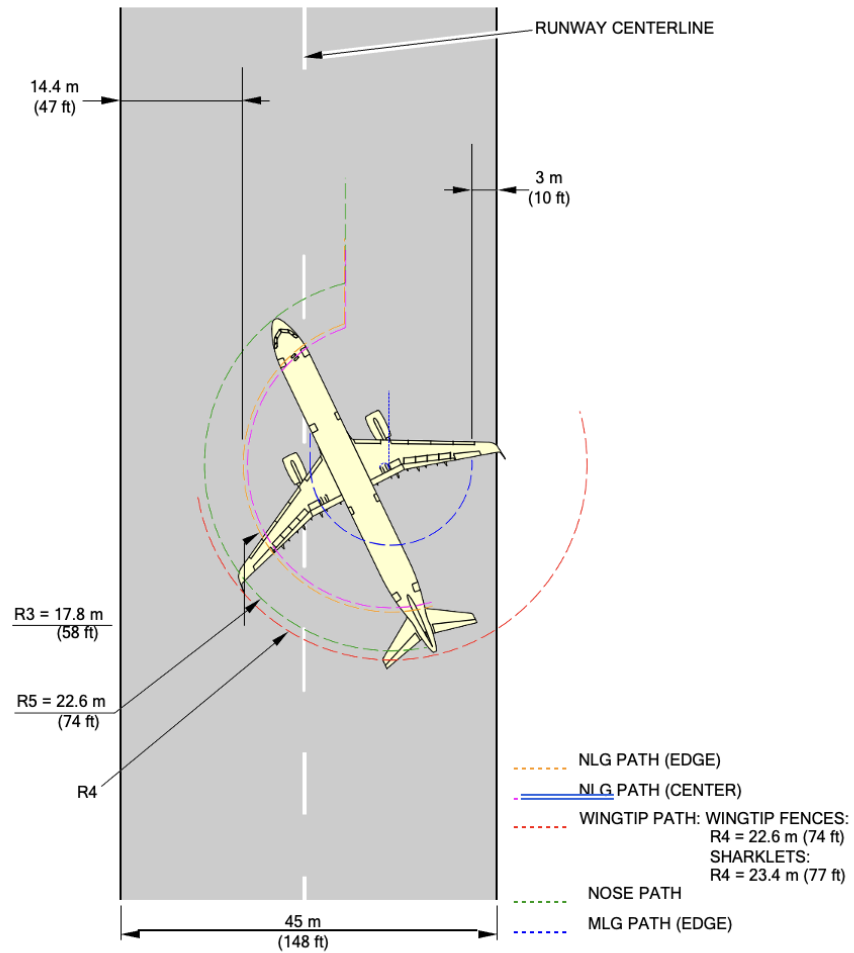


NOTE:
FAA GROUP III FACILITIES.

N_AC_040502_1_0070101_01_03

90° Turn - Runway to Taxiway
Judgemental Oversteering Method
FIGURE-4-5-2-991-007-A01

**ON A/C A321-100 A321-200 A321neo



N_AC_040503_1_0020101_01_05

180° Turn on a Runway
Edge of Runway Method (Sheet 1 of 2)
FIGURE-4-5-3-991-002-A01

4-5-3

Page 2
Dec 01/20