

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**PROPUESTA DE GESTIÓN DE RUTAS PARA REDUCIR LA INTERACCIÓN DE
USUARIOS EN LAS ÁREAS COMUNES DEL PABELLÓN A DE LA PUCP Y ASÍ
MITIGAR EL RIESGO DE CONTAGIO DE ENFERMEDADES POR VÍA
RESPIRATORIA**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniera Civil

AUTORA:

Joyce Lissette Aguilar Herrera

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

AUTOR:

José Mauricio Pérez Dávila

ASESOR:

Ing. Fernando José Campos De la Cruz

Lima, octubre, 2022

Declaración jurada de autenticidad

Yo, Fernando José Campos De la Cruz,

docente de la Facultad de Ciencias e Ingeniería, de la Pontificia

Universidad Católica del Perú, asesor de la tesis/el trabajo de investigación titulado:

Propuesta de gestión de rutas para reducir la interacción de usuarios en las áreas comunes del Pabellón A de la PUCP y así mitigar el riesgo de contagio de enfermedades por vía respiratoria,

de los autores: Joyce Lissette Aguilar Herrera, y José Mauricio Pérez Dávila,

dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 11%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 26/11/2022.
- He revisado con detalle dicho reporte y confirmo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio alguno.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: Lima, 26 de noviembre del 2022

Apellidos y nombres del asesor: <u>Campos De la Cruz, Fernando José</u>	
DNI: 41469213	Firma 
ORCID: 0000-0002-7827-2861	

RESUMEN

En el año 2020, el mundo enfrentó una crisis sanitaria ocasionada por el virus SARS CoV-2. Debido a su alta transmisibilidad, se decretó un aislamiento obligatorio en el cual muchos sectores se vieron obligados a realizar sus actividades de manera virtual. Hoy en día, debido a un mejor control de la pandemia y el avance del proceso de vacunación, se dispuso el retorno a la semi presencialidad en el sector educativo. Para lograr ello, cada institución ha elaborado un plan estratégico para retornar de manera segura a las aulas. Sin embargo, estos lineamientos no se están cumpliendo ya que se evidencia aglomeraciones y el mal uso de la mascarilla. El objetivo de este trabajo de investigación es realizar una propuesta de gestión de rutas en las áreas comunes del pabellón A de la PUCP, para así mitigar el riesgo de contagio de enfermedades por vía respiratoria. La Facultad de Ciencias e Ingeniería cuenta con una amplia cantidad de estudiantes, por lo que es necesario conocer como es el comportamiento y las características peatonales en los pasillos, escaleras y ascensores, mediante cuestionarios. Con la información proporcionada por la universidad se identifican los puntos de acceso y la hora más concurrida en el itinerario de aulas. Debido a la escasa información, se propone una metodología inicial en la cual se logre obtener el menor número de cruces entre usuarios en una situación de exámenes. Por ello, se plantea tres propuestas, las cuales difieren del empleo de los pisos y cantidad de aulas a usar. Mediante lógicas y condicionales de VisVap, se representa la salida y entrada de los usuarios de los salones en el programa VisWalk 2022. En los pasillos, escaleras y ascensores se colocan detectores que permiten la contabilización de peatones que pasan por estos. De los resultados obtenidos y comparados, la propuesta 3 presenta una menor cantidad de interacciones en los espacios comunes del pabellón. En esta propuesta se emplea todas las aulas de tres pisos de manera alternada empezando por el segundo hasta llegar al último. Por medio de este estudio se concluye que se puede mejorar el uso de pisos, maximizar el uso de aulas y aumentar el flujo de usuarios basándose en esta metodología inicial comprobada. Con un retorno total a la presencialidad, esta propuesta puede ser mejorada con datos que permitan calibrar y validar el modelo.

AGRADECIMIENTOS

Esta tesis va dedicada a mis padres, por su apoyo incondicional, sus enseñanzas y la confianza depositada en mí. Gracias por ser mi soporte en todo momento. A mi hermano Kenny, por el ejemplo de superación y perseverancia cuando se trata de alcanzar sus metas. A mi abuelo Ares, que, aunque no alcanzó a verme en esta faceta sé que desde el cielo está feliz y orgullosos por mis logros. A mi abuelita Gudelia, por ser un modelo de fuerza ante todas las adversidades. A mi Otto, Motta y Dorita, mis bebés que me acompañaron incondicionalmente en cada desvelada.

Joyce Lissette Aguilar Herrera

A mis padres por el apoyo constante y la confianza puesta en mí. A mis abuelitos que están en el cielo, por ser mi mayor soporte y ejemplo de perseverancia, superación y enseñanza en alcanzar sus metas.

José Mauricio Pérez Dávila

ÍNDICE

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Problemática	1
1.2 Hipótesis	2
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo general	2
1.3.2 Objetivos específicos	2
1.4 Justificación	3
1.5 Alcances y limitaciones	4
1.5.1 Alcances	4
1.5.2 Limitaciones	5
1.6 Descripción del contenido	5
CAPITULO 2. REVISIÓN DE LA LITERATURA	7
2.1 Accesibilidad	7
2.1.1 Accesibilidad en ambientes externos	8
2.1.2 Accesibilidad en ambientes internos	8
2.2 El usuario	8
2.2.1 El peatón	9
2.2.2 El peatón con movilidad reducida	9
2.2.3 El peatón que realiza otras actividades	9
2.3 Caracterización peatonal	9
2.3.1 Variables macroscópicas	10
2.3.2 Variables microscópicas	11
2.4 Interacción y cruce entre usuarios	13
2.4.1 Distancia física ante el COVID 19	15
2.5 Tipos de flujos direccionales	15
2.5.1 Flujos unidireccionales	16
2.5.2 Flujos bidireccionales	17
2.5.3 Los cruces	18
2.6 Microsimulación	18

2.6.1	Modelo de fuerza social	19
2.6.2	Parámetros del modelo de fuerza social	19
2.7	Capacidad en espacios comunes	21
2.8	Estado del arte	22
CAPITULO 3. METODOLOGÍA		25
3.1	Descripción del procedimiento	25
3.1.1	Recopilación de información	25
3.1.2	Análisis de información	26
3.1.3	Elaboración propuestas y modelos	26
3.1.4	Comparación de los modelos	27
3.2	Flujograma	28
CAPITULO 4. RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN		29
4.1	Recopilación de información	29
4.1.1	Población	29
4.1.2	Cuestionarios a los usuarios	30
4.1.3	Recopilación de aforos y cronogramas de horarios	31
4.1.4	Levantamiento geométrico del espacio	33
4.2	Análisis de la información	33
4.2.1	Identificación de características del espacio	33
4.2.2	Resultados de los cuestionarios	35
4.2.3	Descripción de accesos al Pabellón A	39
4.2.4	Selección del intervalo de tiempo a analizar	41
4.2.5	Matriz origen-destino de los usuarios	41
4.2.6	Contabilización del número de peatones	43
4.2.7	Clasificación y caracterización de los usuarios	45
CAPITULO 5. MODELACIÓN DE PROPUESTAS		49
5.1	Elaboración del modelo	49
5.1.1	Levantamiento geométrico	49
5.1.2	Caracterización peatonal de usuarios	51
5.1.3	Propuesta de aforo (falta ascensor)	53
5.1.4	Esquematación de entrada y salida de los salones	54
5.1.5	Simulación y medición de interacciones	57
5.2	Propuestas de mejora	58

5.2.1	Propuesta de mejora 1	61
5.2.1.3	Matriz origen – destino	64
5.2.2	Propuesta de mejora 2	69
5.2.1.3	Matriz origen – destino	72
5.2.3	Propuesta de mejora 3	74
5.2.1.3	Matriz origen – destino	76
CAPITULO 6. ANÁLISIS COMPARATIVO		79
6.1.	Resultados primera propuesta	79
6.2.	Simulación segunda propuesta	83
6.3.	Simulación tercera propuesta	86
6.4.	Análisis comparativo de propuestas	89
CAPITULO 7. ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD		91
7.1	Capacidad máxima actual	91
7.2	Capacidad máxima propuesta	94
CAPITULO 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		97
8.1	Conclusiones	97
8.2	Recomendaciones	99
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		100
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Velocidad estimada del peatón	11
Tabla 2. Número de ocupantes según los ambientes.....	22
Tabla 3. Alumnos matriculados en el ciclo 2021-2 por especialidad de FCI.....	29
Tabla 4. Aforos de salones y terrazas por piso.....	31
Tabla 5. Itinerario de uso de aulas en semana de exámenes	32
Tabla 6. Dimensiones de los pasillos en cada piso	33
Tabla 7. Dimensiones y área ocupada por máquinas expendedoras y bebederos	34
Tabla 8. Matriz de origen (entrada) hacia las aulas.....	42
Tabla 9. Matriz origen (aulas) hacia los accesos, terraza y SSHH.....	43
Tabla 10. Cantidad de alumnos que rinden examen en los salones del pabellón A	44
Tabla 11. Cantidad de alumnos que salen de rendir examen en los salones del pabellón A.....	45
Tabla 12. Dimensiones del peatón según el tipo y agrupación	47
Tabla 13. Velocidad estándar según el tipo de peatón	48
Tabla 14. Altura de los obstáculos existentes dentro del Pabellón A.....	50
Tabla 15. Clasificación de los usuarios según colores por piso	51
Tabla 16. Sectores ubicados en todos los pisos.....	58
Tabla 17. Origen/Destino primer horario de exámenes	64
Tabla 18. Origen/Destino para la salida de las 6:30 pm.....	65
Tabla 19. Origen/Destino para la entrada de las 6:30 pm	66
Tabla 20. Origen/Destino primer horario de exámenes	72
Tabla 21. Origen/Destino para la salida de la 6:30 pm	73
Tabla 22. Origen/Destino para la entrada de las 6:30 pm	73
Tabla 23. Origen/Destino para la salida de las 6:30 pm.....	77
Tabla 24. Origen/Destino para la salida de la 6:30 pm	77
Tabla 25. Origen/Destino para la entrada de las 6:30 pm	78
Tabla 26. Cantidad del promedio de usuarios por piso.....	80
Tabla 27. Cantidad del promedio de usuarios por piso	80

Tabla 28. Resultados promedio de usuarios que rinden examen (6:30 a 9:30 pm).....	81
Tabla 29. Valor promedio de personas en el Pabellón A.....	81
Tabla 30. Cantidad promedio de usuarios por piso.....	83
Tabla 31. Valores promedio calculados para cada corrida.....	84
Tabla 32. Resultados para usuarios que rinden examen de 6:30 a 9:30 pm.....	84
Tabla 33. Valor promedio de personas en el Pabellón A.....	85
Tabla 34. Cantidad promedio de usuarios por piso.....	87
Tabla 35. Valores promedio calculados para cada corrida.....	87
Tabla 36. Resultados del 3er grupo que rinde examen de 6:30 a 9:30 pm.....	88
Tabla 37. Valor promedio de personas en el Pabellón A.....	88
Tabla 38. Factores de ocupación según los ambientes.....	91
Tabla 39. Área de los salones en cada piso.....	92
Tabla 40. Aforos de los usuarios por salón multiplicados por el factor.....	93
Tabla 41. Aforo por salones para la propuesta seleccionada.....	95
Tabla 42. Cronograma de uso de aulas en semana de exámenes el ciclo 19-2, Lunes - piso 2.....	106
Tabla 43. Cronograma de uso de aulas en semana de exámenes el ciclo 19-2, Martes - piso 2.....	106
Tabla 44. Cronograma de uso de aulas en semana de exámenes el ciclo 19-2, Miércoles - piso 2....	107
Tabla 45. Cronograma de uso de aulas en semana de exámenes el ciclo 19-2, Jueves - piso 2.....	107
Tabla 46. Cronograma de uso de aulas en semana de exámenes el ciclo 19-2, Viernes - piso 2.....	107
Tabla 47. Cronograma de uso de aulas en semana de exámenes el ciclo 19-2, Miércoles - piso 3....	107
Tabla 48. Cronograma de uso de aulas en semana de exámenes el ciclo 19-2, Jueves - piso 3.....	108
Tabla 49. Cronograma de uso de aulas en semana de exámenes el ciclo 19-2, Viernes - piso 3.....	108
Tabla 50. Cronograma de uso de aulas en semana de exámenes el ciclo 19-2, Martes - piso 4.....	108
Tabla 51. Cronograma de uso de aulas en semana de exámenes el ciclo 19-2, Miércoles - piso 4....	108
Tabla 52. Cronograma de uso de aulas en semana de exámenes el ciclo 19-2, Lunes - piso 6.....	109
Tabla 53. Cronograma de uso de aulas en semana de exámenes el ciclo 19-2, Martes - piso 6.....	109
Tabla 54. Cronograma de uso de aulas en semana de exámenes el ciclo 19-2, Miércoles - piso 6....	109

Tabla 55. Cronograma de uso de aulas en semana de exámenes el ciclo 19-2, Jueves - piso 6.....	109
Tabla 56. Cronograma de uso de aulas en semana de exámenes el ciclo 19-2, Lunes - piso 7.....	110
Tabla 57. Cronograma de uso de aulas en semana de exámenes el ciclo 19-2, Martes - piso 7	110
Tabla 58. Cronograma de uso de aulas en semana de exámenes el ciclo 19-2, Jueves- piso 7.....	110
Tabla 59. Cronograma de uso de aulas en semana de exámenes el ciclo 19-2, Viernes - piso 7.....	110
Tabla 60. Resultados de cantidad de peatones para el piso 1.....	119
Tabla 61. Resultados de cantidad de peatones para el piso 2.....	122
Tabla 62. Resultados de cantidad de peatones para el piso 3.....	124
Tabla 63. Resultados de cantidad de peatones para el piso 4.....	126
Tabla 64. Resultados de cantidad de peatones para el piso 5.....	128
Tabla 65. Resultados de cantidad de peatones para el piso 6.....	130
Tabla 66. Resultados de cantidad de peatones para el piso 7.....	131
Tabla 67. Resultados de cantidad de peatones para el piso 1.....	132
Tabla 68. Resultados de cantidad de peatones para el piso 2.....	134
Tabla 69. Resultados de cantidad de peatones para el piso 3.....	136
Tabla 70. Resultados de cantidad de peatones para el piso 4.....	138
Tabla 71. Resultados de cantidad de peatones para el piso 5.....	139
Tabla 72. Resultados de cantidad de peatones para el piso 6.....	140
Tabla 73. Resultados de cantidad de peatones para el piso 7.....	141
Tabla 74. Resultados de cantidad de peatones para el piso 1.....	142
Tabla 75. Resultados de cantidad de peatones para el piso 2.....	144
Tabla 76. Resultados de cantidad de peatones para el piso 3.....	145
Tabla 77. Resultados de cantidad de peatones para el piso 4.....	146
Tabla 78. Resultados de cantidad de peatones para el piso 5.....	147

Tabla 79. Resultados de cantidad de peatones para el piso 6..... 148

Tabla 80. Resultados de cantidad de peatones para el piso 7..... 149



INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Flujograma de la Metodología.....	28
Figura 2. Dimensiones de una máquina expendedora típica.....	34
Figura 3. Bebedero de agua con enfriador	34
Figura 4. Alumnos de la Facultad de Ciencias e Ingeniería que respondieron la encuesta según Especialidad	35
Figura 5. Piso más utilizado por los usuarios al momento de rendir exámenes	36
Figura 6. Cantidad de exámenes promedio de los usuarios por día	36
Figura 7. Acciones que realizan los usuarios al terminar de rendir un examen	37
Figura 8. Aglomeración de usuarios en los pasillos en el ciclo 2019 -2	38
Figura 9. Porcentaje de cómo se encontraban los pasillos al término de un examen.....	38
Figura 10. Requisitos mínimos de los usuarios para volver a la presencialidad	39
Figura 11. Accesos que tiene el Pabellón A de la PUCP	40
Figura 12. Acceso más utilizado del Pabellón A por los usuarios	40
Figura 13. Cantidad de personas con las que el usuario se dirige a rendir sus exámenes.....	46
Figura 14. Manera en que los usuarios se dirigen a sus aulas (Solos/en Grupo).....	46
Figura 15. Velocidad promedio de los peatones al caminar en el Pabellón A	48
Figura 16. Planos en planta del pabellón A.....	49
Figura 17. Modelo en 3D del Pabellón A de la PUCP	50
Figura 18. Dimensión de peatones.....	52
Figura 19. Velocidad para alumnos, alumnas y profesores.....	52
Figura 20. Composición peatonal	52
Figura 21. Aforo de aulas Propuesta 1	53
Figura 22. Distribución de usuarios dentro del ascensor en el Pabellón A	54
Figura 23. Detectores ubicados en el Piso 4.....	57
Figura 24. Uso de SSHH en cada piso del Pabellón A	60
Figura 25. Representación de pisos seleccionados para la propuesta 1 en una vista de elevación.	62

Figura 26. Selección de aulas para el descenso para hora de estudio	63
Figura 27. Diagrama de fases para la salida de usuarios a las 6:30 pm	67
Figura 28. Diagrama de fases para la salida de usuarios a las 6:30 pm	68
Figura 29. Representación de pisos seleccionados para la propuesta 2 en una vista de elevación.	70
Figura 30. Selección de aulas para el descenso para hora de estudio.	70
Figura 31. Diagrama de rutas para ambos escenarios (3-6 pm y 3:30 – 6:30 pm).....	71
Figura 32. Representación de pisos seleccionados para la propuesta 3 en una vista de elevación	75
Figura 33. Cantidad promedio de usuarios por pisos para escenario 1 en el pabellón A.....	82
Figura 34. Cantidad promedio de usuarios por pisos para la propuesta 2 en el pabellón A.....	86
Figura 35. Cantidad promedio de usuarios por pisos para la propuesta 3 en el pabellón A.....	89
Figura 36. Cantidad promedio de usuario por piso para cada propuesta	90
Figura 37. Lógica 1, salida primer grupo de las aulas.....	111
Figura 38. Lógica 2, salida del tercer grupo de las aulas	111
Figura 39. Lógica 3, ingreso de los usuarios a las aulas	111
Figura 40. Lógica empleada para la salida de los usuarios de los salones mediante fases.....	112
Figura 41. Lógica empleada para el ingreso de los usuarios a los salones mediante condicionales ...	113
Figura 42. Diagrama de rutas de la propuesta N°03	114
Figura 43. Diagrama de fases del primer horario para la propuesta N°02	115
Figura 44. Diagrama de fases del segundo horario para la propuesta N°02	116
Figura 45. Diagrama de fases del primer horario para la propuesta N°03	117
Figura 46. Diagrama de fases del segundo horario para la propuesta N°03	118

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 Problemática

La crisis sanitaria ha golpeado a todo el mundo de manera drástica. En el Perú, debido a la alta tasa de transmisibilidad del virus, el gobierno decretó estado de emergencia y aislamiento social obligatorio a nivel nacional. Como resultado de ello muchos sectores del país fueron afectados. En el sector educación, todos sus integrantes se vieron obligados a realizar sus actividades bajo la modalidad virtual. De acuerdo con un informe reciente publicado por la OMS, el mundo debe aprender a vivir con el virus y luchar con las herramientas que dispone. Este virus ha venido para quedarse como una amenaza para la humanidad y las personas tienen que organizar sus vidas en función a una nueva normalidad. Teniendo en cuenta que la educación es un pilar fundamental para la sociedad y que actualmente existe un mejor control de la pandemia, es que se está dando paso a un retorno progresivo a la presencialidad en los centros educativos. De tal manera, este trabajo de investigación plantea propuestas de mejora para lograr maximizar la afluencia de usuarios en los recintos.

Uno de los puntos importantes a tener en cuenta en la propuesta es la disminución de contagios. Para ello, las personas deben evitar en su mayoría o totalidad todo tipo de interacción y mantener cierta distancia física. En los ensayos realizados por diversos científicos, se llegó a la conclusión de que “un individuo expulsa pequeñas gotículas de saliva al estornudar, las cuales podrían ser inhaladas por otro individuo si este se encuentra en un radio menor a un metro”. Por lo tanto, para un retorno seguro a los centros educativos se requiere de un análisis de los espacios más concurridos tomando en cuenta las disposiciones mencionadas. Asimismo, se deberá tener en cuenta los modelos empleados en instituciones educativas de países que reiniciaron sus actividades y visualizar su efectividad en la disminución de propagación del virus. De igual forma, para garantizar un desplazamiento seguro de los usuarios hacia el lugar

de destino es importante analizar el recorrido y los espacios donde se podría generar aglomeración como son los medios de transporte y el paso por las vías concurridas donde no se respeta el distanciamiento establecido. Es de conocimiento público que en estos lugares no existe un distanciamiento social, ni mucho menos un protocolo de seguridad que lo respalde, por lo que las personas están sumamente expuestas en el trayecto desde su casa a su destino. Por consiguiente, es necesario recolectar información acerca del comportamiento y la interacción de los usuarios dentro y fuera del lugar de estudio.

A lo largo de esta investigación se buscará involucrar las herramientas tecnológicas como Vissim 8 para representar el comportamiento de las personas dentro de las instalaciones con ayuda de una microsimulación. Con ello se observará la interacción entre usuarios en las distintas propuestas y se elegirá la que tenga menor número de cruces.

1.2 Hipótesis

La gestión de rutas en el uso alternado de aulas propuesta en esta tesis permite evaluar el número de interacciones entre los usuarios y seleccionar la mejor alternativa para disminuir la probabilidad de contagio de enfermedades por vía respiratoria.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Elaborar una metodología para reducir la interacción entre usuarios dentro de las áreas comunes de edificios académicos mediante la gestión de recorridos, y así mitigar el riesgo de contagio de enfermedades por vía respiratoria.

1.3.2 Objetivos específicos

- Definir el desplazamiento de los usuarios hacia las aulas
- Definir el comportamiento peatonal de los usuarios dentro del Pabellón A

- Representar la interacción de los usuarios mediante un modelo de microsimulación con el Software Vissim 8
- Organizar en un modelo de microsimulación los recorridos de los usuarios dentro del Pabellón A
- Definir los criterios de comparación para seleccionar la propuesta adecuada

1.4 Justificación

El aumento de los contagios por el SARS CoV-2 ocurre por la alta probabilidad de interacción social en espacios con aglomeración. Por tal motivo, la OMS recomienda evitar todo tipo de acercamiento o cruces muy cercanos. Algunos estudios demuestran que la propagación de la epidemia se da cuando una persona infectada al momento de respirar exhala gotículas que contienen el virus y una persona que se encuentra en radio menor no mayor a un metro puede inhalar estas partículas o en todo caso contaminar las superficies. En consecuencia, los gobiernos han implementado medidas de bioseguridad como medida preventiva para disminuir los casos de COVID19. Para tener un resultado efectivo, se impuso la inmovilización social obligatoria, el cierre total de los espacios con aglomeración y el avance del proceso de vacunación. Gracias a estas medidas se ha logrado controlar la pandemia a nivel mundial y con esto influencio para un retorno a la normalidad.

Por tal motivo, como medida inicial el gobierno ha dispuesto que el sector educación tenga un retorno gradual y semi presencial a las aulas. Según los reportes del MINSA publicados en el Repositorio Único Nacional de Información de Salud, el 85% de personas entre el rango de 12 a 80 años de la población de Lima han recibido la dosis de la vacuna contra el COVID, mientras que la tercera dosis solo el 70%. Debido al gran avance de la vacunación y la disminución de casos positivos, los centros educativos retornaran en su totalidad. En el caso de la PUCP, la mayoría de facultades han retornado a los pabellones teniendo en cuenta la prioridad de

los cursos, laboratorios y actividades que requieran la presencialidad. El pabellón de Ciencias e Ingeniería cuenta con una gran población estudiantil que podría ser un foco de contagio, especialmente en distintos escenarios como las semanas de exámenes y el intercambio de salones donde se visualiza una gran acumulación de estudiantes, profesores y personal en los pasadizos del pabellón. Asimismo, el desplazamiento de estos usuarios por las tres vías de entrada al edificio A, y el acceso tanto por las escaleras y ascensores implicaría un riesgo de transmisión en el cruce con otras personas. En consecuencia, es necesario emplear un plan estratégico para contar con la misma cantidad de usuarios a diferencia que ahora se reducirán las interacciones entre ellos para minimizar los riesgos de contagio.

Por otro lado, como medida de urgencia para la continuidad de las clases, los expertos en la materia modificaron los planes educativos a una modalidad a distancia. Sin embargo, los estudiantes y profesores necesitan tener una interacción social como parte del proceso de aprendizaje con el objetivo de compartir espacios para debatir e intercambiar ideas, con lo cual se logra un mayor enriquecimiento intelectual. Asimismo, existe un amplio rango de alumnos que no cuenta con dispositivos electrónicos ni una buena conexión a internet que facilite su aprendizaje. Por esta razón, mediante esta tesis se pretende crear un modelo para analizar los recorridos de los usuarios dentro del pabellón A, con el objetivo de reducir el contacto entre estos para un retorno a clases seguro por medio de estudios representativos de recorridos para medir la interacción de los usuarios tomando en cuenta los desplazamientos, velocidades y espacios de cada uno.

1.5 Alcances y limitaciones

1.5.1 Alcances

- Contar con un plan de retorno a clases donde se asegure la menor interacción entre usuarios con el fin de evitar los aumentos de contagio.

- Presentar rutas de recorridos en todos los pasadizos y espacios del pabellón A para disminuir los cruces
- Evaluar la capacidad en espacios comunes, según el modelo propuesto y compararlo con la norma peruana

1.5.2 Limitaciones

- Los planos proporcionados por la universidad no cuentan con el detalle suficiente de la infraestructura.
- Al tratarse de una propuesta para reducir la interacción entre personas, es necesario contar con videograbaciones para simular en el programa el comportamiento de los usuarios en un escenario previo a la pandemia. La principal limitación, fue no contar con estas grabaciones porque ya se encontraban eliminados del sistema. Por este motivo, se propuso una metodología inicial, que será mejorada cuando se obtengan estas videograbaciones.
- Al tener diversos espacios de evaluación, será necesario contar con información adicional como: horario con mayor aglomeración, piso más concurrido, etc. Para ello, se realizarán cuestionarios a los usuarios. Con la información recolectada, se logrará determinar la hora pico y el piso más concurrido.

1.6 Descripción del contenido

El trabajo de tesis se encuentra organizado en ocho capítulos, los cuales serán descritos a continuación.

- **CAPÍTULO I:** En este capítulo denominado introducción se aborda sobre la problemática referente al caso de estudio. También se presentan puntos adicionales como la hipótesis, basada en la variable seleccionada en la investigación; los objetivos, los cuales serán la base clave para dar validez a la hipótesis y los alcances, y limitaciones que se tuvieron en la presente investigación.

- CAPÍTULO II: Este capítulo se incluye la revisión de la literatura, es decir los conceptos y teorías referentes al tema de investigación. Asimismo, se presenta el estado de arte, en el cual se muestran estudios realizados anteriormente que servirán de base para la investigación.
- CAPÍTULO III: Este capítulo muestra la metodología empleada en la investigación. También se describe el nivel de la investigación, el diseño y las etapas a seguir en forma de procedimiento.
- CAPÍTULO IV: Este capítulo muestra la recopilación y análisis de la información recolectada como: planos del pabellón A, aforos, cuestionarios, cronograma de horarios, etc. Esta información será punto clave para el desarrollo de la propuesta.
- CAPÍTULO V: En este capítulo se desarrollarán las propuestas de gestión de recorridos en las áreas comunes del pabellón A con una microsimulación en Vissim 8.0. Estas propuestas resultarán de alternancia del uso de pisos.
- CAPÍTULO VI: Este capítulo mostrará la comparación de las propuestas y determinará cual es la más eficiente.
- CAPÍTULO VII: Este capítulo se enfocará en el cálculo de la nueva capacidad, para ello se tendrá como base los aforos proporcionados por el área de Seguridad del pabellón A. Así como también se hará uso de las normas peruanas para cálculo de capacidades.
- CAPÍTULO VIII: En este capítulo se presentan las conclusiones y recomendaciones, las cuales son el resultado de la investigación.

CAPITULO 2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

En el presente capítulo, se exponen las estrategias, términos y conceptos empleados en la nueva forma de convivencia referentes al desplazamiento de la población. Del mismo modo, se definen los planes para retomar las actividades con alta densidad poblacional como son las actividades educativas. Para esto, se toma en cuenta los conceptos y fundamentos teóricos empleados en otras universidades del mundo, así como en recintos con amplios aforos.

Al inicio, se explica la caracterización del lugar de estudio y su accesibilidad para todo tipo de usuario, para así tener una idea sobre los trayectos y espacios del lugar del desarrollo en este trabajo. Además, se muestra qué variables influyen en la caracterización del peatón, para poder comprender cómo ocurre la interacción y el cruce de los usuarios. De la misma manera, se mencionan los protocolos empleados como las distancias físicas y reducción de aforos para tener como base estos factores en la propuesta.

Posteriormente, es necesario definir conceptos tales como: desplazamiento, interacción, densidad y velocidad para así elaborar la propuesta. Asimismo, el propósito de estudiar los flujos unidireccionales, bidireccionales y cruces sirve para poder proponer y comparar las trayectorias con el modelo a proponer.

Por último, se define como es el funcionamiento de la microsimulación en el software Vissim y los parámetros a emplear, los cuales permiten simular el comportamiento peatonal. Con esto, se justifican los nuevos posibles flujos y capacidades de espacios comunes en el área de trabajo.

2.1 Accesibilidad

La accesibilidad se define como la posibilidad que tiene una persona con o sin problemas de movilidad o percepción sensorial de entender un espacio, integrarse e interactuar en él. (Capbauno, 2017). Los edificios deben ser construidos de manera que tenga como prioridad el

término “accesible”. Un edificio será considerado como tal, cuando no se restrinja su uso a ningún tipo de persona.

Desde la planificación de un proyecto se debe tener en cuenta que existen diversos factores que generan la disminución funcional de una persona durante el ciclo de su vida como: la vejez, el embarazo, secuelas físicas o sensoriales de enfermedades o accidentes, lesiones temporales (personas enyesadas con férulas o muletas). (Capbauno, 2017). Esto quiere decir que los espacios deben adaptarse a las personas sea cual sea su capacidad, edad o circunstancia en la que se encuentre y cumplir con sus requerimientos y necesidades.

2.1.1 Accesibilidad en ambientes externos

Los ambientes externos son todos aquellos espacios públicos o privados que cuentan con áreas abiertas, pueden ser patios, parques, etc. Estos espacios son realizados de manera que se cumpla con un diseño universal, en el cual se promueva la accesibilidad universal en donde se considere las necesidades de los usuarios, así como las diferentes situaciones en igualdad de condiciones. (Huerta, 2006).

2.1.2 Accesibilidad en ambientes internos

Los ambientes internos son todos aquellos espacios cerrados que se encuentran dentro de instalaciones o edificios, entre ellos están centros comerciales, colegios, universidades, hospitales, etc. Estas edificaciones deben ser construidas respetando las medidas mínimas de espacio, estas se cumplen cuando una persona en cualquier circunstancia puede circular con toda la comodidad.

2.2 El usuario

El usuario es toda aquella persona que hace uso de algún servicio. Dentro de las instalaciones existen diversos tipos de usuarios, los cuales son clasificados según sus características. En todo

ambiente destinado a la movilización de personas se encuentran personas con movilidad reducida, caminantes, personas que realizan otras actividades (vender, limpieza), entre otros.

2.2.1 El peatón

Un peatón es la persona que, sin ser conductor, transita a pie por las vías públicas. También se consideran peatones a los que empujan cualquier otro vehículo sin motor de pequeñas dimensiones o las personas con movilidad reducida que circulan al paso con una silla de ruedas con motor o sin él. (Dirección General de Tráfico, 2014)

2.2.2 El peatón con movilidad reducida

La persona con movilidad reducida es aquella que presenta restricción para desplazarse debido a una discapacidad o que sin ser discapacitado presenta algún tipo de limitación en su capacidad de relacionarse con el entorno, al tener que acceder a un espacio o moverse dentro del mismo. (Dirección General de Riesgos Profesionales, 2013).

2.2.3 El peatón que realiza otras actividades

Es toda aquella persona que se moviliza o se mantiene dentro de un espacio por el tipo de actividad que desarrolla. En los pabellones académicos es muy común encontrar personal de limpieza y seguridad dentro de las áreas comunes.

2.3 Caracterización peatonal

La caracterización peatonal precisa contar con una serie de indicadores capaces de cuantificar aquellas características físicas, relacionadas con las principales cualidades del diseño urbano, que forman parte de los condicionantes del desplazamiento de las personas que van a pie por la vía. (Talavera et al., 2012). Por esta razón, para poder caracterizar al peatón se necesita conocer qué variables físicas e individuales influyen en su movilidad mediante la recolección de datos. Antes de cualquier medición, como afirma Fredy Alberto Guío Burgos (2010), es necesario que el área de trabajo cuente con una gran demanda y un espacio sin elementos

distractores, por ejemplo, pasillos de edificios con alta densidad poblacional. Estos sondeos pueden realizarse por medio de sensores intrusivos (sensores y drones) y no intrusivos (conteo manual, muestreo aleatorio, uso de videos o empleo de rayos láser). La principal desventaja en el primero es que resulta costoso y el requerimiento de un personal calificado mientras que, en el segundo caso, no se describe a los pelotones.

En base a estos estudios, se encontró dos clases de parámetros en el análisis de corrientes de tráfico peatonal: macroscópicos y microscópicos (Guío, 2010). Las características sociodemográficas y situacionales son otras variables a mencionar en la conducta vial de los usuarios.

2.3.1 Variables macroscópicas

Estos parámetros describen la corriente de tráfico como un todo y los principales son: volumen o tasa de flujo, velocidad y densidad. (Guío, 2010)

2.3.1.1 Volumen o tasa de flujo

Es el número de peatones que pasan por un punto o sección transversal de una infraestructura durante un periodo de tiempo determinado. El volumen peatonal debe considerar el ancho de la sección transversal, generalmente se expresa en términos de ancho unitario de un metro (Guío, 2010). Este valor depende de la densidad y velocidad del peatón.

2.3.1.2 Velocidad del peatón

La velocidad de caminata es la variable de flujo más importante, puesto que su medición en campo es sencilla y permite determinar condiciones operativas de la infraestructura (Guío, 2010). La velocidad con que se desplazan los peatones depende de la edad, sexo, las condiciones climáticas, el estado de la infraestructura, las condiciones físicas de los usuarios, el tipo de zona y otras ciertas características. Según la guía práctica de la movilidad peatonal

urbana del Instituto de Desarrollo Urbano de Bogotá (2018), en la tabla 1 se podrá observar la velocidad según la condición de los usuarios.

Tabla 1

Velocidad estimada del peatón

CONDICIÓN	VELOCIDAD
Si la población de muestra contiene una porción equivalente al 20% de peatones mayores de 65 años	1.2 m/s
Si la población de muestra contiene una porción equivalente al 20% de peatones mayores de 65 años	1 m/s
Una rampa del 10% de pendiente	La velocidad se reduce en 0.1 m/s
Pasillos a flujo libre	1.5 m/s
Peatones jóvenes en uso pleno de sus facultades	1.8 m/s
Peatones en silla de ruedas	1.0 a 1.2 m/s

Nota. Adaptado de la Guía Práctica de la movilidad peatonal urbana del Instituto de Desarrollo Urbano de Bogotá (2018)

2.3.1.3 Espacio y densidad peatonal

La densidad de peatones es el número promedio de peatones por unidad de área dentro de un área ocupada y en un instante determinado. El espacio para peatones es el espacio promedio disponible para cualquier peatón en el camino. (Rahayuningsih et al, 2017). Se debe considerar en los estudios peatones en movimiento y peatones en áreas de espera.

2.3.2 Variables microscópicas

Las variables microscópicas determinan el comportamiento de un peatón individual o su relación directa con peatones adyacentes dentro de la corriente del tránsito. Las más importantes son las dimensiones de la elipse corporal, formación de pelotones, ancho efectivo de caminata, desplazamiento en grupos. (Guío, 2010)

2.3.2.1 Elipse corporal

El espacio ocupado por un peatón en una zona de espera, se representa mediante una elipse, que tiene un área de 0.3 m^2 . Para peatones en movimiento, la elipse debe considerar una zona adicional debida al paso del peatón y al movimiento de los brazos, definiendo un área peatonal de 0.75 m^2 . (Highway Capacity Manual, 2010)

2.3.2.2 Formación de pelotones y desplazamiento en grupo

El pelotón se refiere al grupo numeroso de personas aglomeradas sin orden aparente, que se mueven en tropel y que realizan una misma acción o actividad. (Oxford Languages, s.f., definición 1). Mientras el desplazamiento en grupos hace referencia al conjunto de personas que comparten un viaje o parte del mismo, caminando en conjunto e interactuando voluntariamente entre ellos, de manera que su velocidad de caminata es similar. (Guío, 2010)

2.3.2.3 Ancho efectivo de caminata

De acuerdo al Highway Capacity Manual (2010) el ancho de calzada efectiva es la porción de la acera utilizada exclusivamente para el flujo de peatones. Este valor se obtiene restando el ancho total de la acera y la suma de todos los elementos obstaculizadores como postes de luz, buzones, señales de tránsito, paraderos de buses.

2.3.2.4 Características sociodemográficas y situacionales

La conducta vial de los peatones depende, en gran medida, de las características del entorno vial en el que estos circulan, el propósito con el que se realiza un trayecto, las señales que se reciben del contexto, y las características sociodemográficas del peatón, entre otras (OMS, 2013). En el caso de espacios como universidades o colegios, los factores socio-demográficos como la edad y género son importantes, ya que una persona joven tiene una mayor velocidad de desplazamiento por las instalaciones que una persona adulta. Asimismo, estas variables son significativas para el tiempo de percepción-reacción de seguridad de estos. Según Schroeder y

Rouphail (2011) existen dos tipos de comportamiento: peatones asertivos y no asertivos, los cuales están asociados a la aceptación del riesgo: un peatón asertivo es aquel que suele aceptar un riesgo moderado o alto, mientras que uno no asertivo es aquel que acepta un riesgo bajo. Es decir, una persona joven se desplaza con mayor facilidad e incluso puede llegar hasta correr por escaleras, pasillos reducidos y aglomerados puesto que el riesgo que perciben es menor al de los adultos.

En cuanto a las características situacionales lo definen el tamaño del grupo y el propósito del viaje. En el primer caso en referencia a los universitarios, la mayoría suele desplazarse en grupos de dos o más personas he ahí donde la velocidad y el espacio que ocupan varían, puesto que según un estudio realizado en las calles de Beijing encontraron que cuando los peatones cruzaban en pares, la velocidad de estos era menor, mientras que si cruzaban en grupos mayores el rango de velocidades entre los peatones permanecía cercano. (Shi et al., 2007). Esto se debe a que las parejas suelen hablar mientras cruzan y los grupos mayores intentan preservar la armonía del paso. De forma similar es importante evidenciar qué tan rápido suelen subir o bajar las escaleras. Los estudiantes presentan distintos comportamientos de acuerdo con el propósito de marcha dentro de la universidad. Para la situación de exámenes o clases la mayoría presenta una mayor velocidad para desplazarse a sus salones por el propósito de llegar a tiempo de acuerdo con el punto de inicio ya sea la biblioteca, comedores y hogares. Caso contrario ocurre al término cuando la velocidad es menor, ya que la mayoría tiende a desplazarse en grupo y no existe la necesidad de apuro.

2.4 Interacción y cruce entre usuarios

En el punto anterior se describió el comportamiento de los usuarios en base a aspectos sociodemográficos y situacionales, pero también es importante definir cómo es la relación e interacción entre ellos en los distintos espacios. Por ello, gracias a las interacciones sociales se

puede observar, distinguir o percibir la vivencia cotidiana del mundo social. De igual modo, para poder comprender la configuración de los espacios públicos en una ciudad, es importante distinguir las diferentes actividades realizadas colectivamente en sitios que permiten la interacción constante (Ariza, 2016; García, 2016). Debido a la interacción, los peatones se sienten incómodos y experimentan demoras (ineficiencia). Los peatones se influyen mutuamente en su comportamiento al caminar, ya sea con acción mutua o recíproca. Necesitan evitarse o adelantarse entre sí para poder mantener su velocidad, necesitan cambiar su velocidad y dirección individuales y, a veces, necesitan detenerse y esperar para darles a los demás la oportunidad de moverse primero. En una situación muy densa, necesitan mantener su distancia hacia otros peatones y alrededores para reducir su contacto físico entre ellos. (Teknomo, 2002)

En los lugares con alta densidad poblacional como los colegios y universidades, existe una gran variedad de actividades educativas, sociales y recreativas lo que deriva en una gran cantidad de interacciones entre usuarios, ya que suelen pasar la mayor parte de sus tiempos en estos recintos. Como ejemplo, en épocas de exámenes, se origina una aglomeración, puesto que los alumnos tienden a conversar en pequeños grupos o esperar afuera de las aulas. Debido a esto, se debe tomar en cuenta el tiempo de permanencia, la velocidad y característica de cada usuario para estudiar el mayor número de interacciones en los espacios comunes.

Sin embargo, en algunos grupos, las interacciones que se dan entre individuos dentro de la dinámica social del espacio público resultan impredecibles a pesar de que se pueda seguir la lógica de un espacio configurado, pues no se determinan de manera predefinida sino aleatoriamente, en correlación con factores como la movilidad, el clima o incluso la hora del día (Ariza, 2016; García, 2016). En el ámbito educativo estas variables se relacionan con el tipo de personas en los colegios o universidades, en el caso de la movilidad existen personas con discapacidades motoras, visuales y auditivas que tienen un comportamiento distinto ya su

vez un contacto muy reducido. Por lo general estos se desplazan a su lugar de destino de forma más rápida. Con respecto a la hora del día, las aglomeraciones se originan especialmente en las horas de ingreso, almuerzo y salida de estos recintos.

2.4.1 Distancia física ante el COVID 19

Actualmente, debido a la pandemia, la relación interpersonal está basada en protocolos de bioseguridad como las distancias físicas y cierre de espacios, lo cual dificulta describir cómo es la nueva interacción de los usuarios. Debido a que la portadora y transmisora potencial del virus es la persona en movimiento que influye en la posibilidad de contagios mediante formas de socialización e interacción entre personas (Dino Di Nella, 2020). Según el MINSA (2020) el distanciamiento social es una de varias medidas de prevención cotidianas que se deben tomar en conjunto para reducir la propagación del COVID-19 y recomienda una distancia de al menos dos metros (la longitud aproximada de 2 brazos extendidos). Otras instituciones como la OMS (2021) sugieren guardar al menos 1 metro de distancia entre usted y otras personas.

Es por ello, que los hábitos que implican el contacto entre personas como saludos, apretones de mano y conversaciones cortas a los que solían estar acostumbrados han disminuido. Por lo tanto, para los retornos a espacios con altos flujos poblacionales, los desplazamientos se darán lo más rápido posible en llegar al lugar de destino sin la interrupción de paso o aglomeraciones a pesar de contar con equipos de protección como mascarillas y protectores faciales.

2.5 Tipos de flujos direccionales

En los últimos años, el flujo de los peatones está referido a un modo de transporte y desplazamiento por medio del movimiento a pie en vías cerradas o públicas. La gente camina con diferentes propósitos y en gran número, especialmente en países en desarrollo. Esto requiere la provisión de instalaciones exclusivas para caminar. El ancho de estas instalaciones se rige generalmente por el volumen peatonal (Rastogi et al., 2013). En efecto, la

dimensionalidad de la infraestructura peatonal tiene una gran influencia en los movimientos peatonales y un impacto considerable en el entorno natural de la instalación. (Devi, et al. 2017). Asimismo, con el fin de hacer que caminar sea más eficiente y agradable para los peatones, es valioso comprender cómo estos movimientos se diferencian entre sí en términos de sus características, necesidades y sociabilidad (Tavakoli, 2017). En tal sentido, estudiar los movimientos de los peatones es crucial para estimar la capacidad del sistema con precisión, especialmente en los terminales de transporte como estaciones de tren, terminales de autobuses, aeropuertos, etc., donde se reúne una gran multitud e interacción (Devi, et al. 2017). Los movimientos de peatones se observan en determinados lugares para estudiar el efecto de flujos direccionales y ancho reducido de la instalación (Rastogi et al., 2013). Es así, que existen tres situaciones de flujo en instalaciones peatonales como unidireccional, bidireccional y cruces. Las condiciones de flujo unidireccional y bidireccional se pueden observar comúnmente en pasillos, escaleras y cuellos de botella de instalaciones peatonales como terminales de transporte, centros comerciales, etc. El cruce se puede observar especialmente en los cruces de transferencia de estaciones (Devi, et al. 2017).

2.5.1 Flujos unidireccionales

El movimiento unidireccional basado en el modelamiento del tráfico en un solo sentido en las redes de carreteras urbanas, separación de entrada y salida en aeropuertos, estaciones, metros, estadios, centros de exposiciones y supermercados se considera beneficioso para aumentar de manera eficiente el flujo de peatones manteniendo la seguridad de la circulación. El flujo unidireccional sin obstáculos mantiene a las multitudes de peatones en constante movimiento estado, que es también la circunstancia más deseable en el proceso de evacuación de grandes multitudes (Liu et al., 2015). Sin embargo, los obstáculos temporales como la parada repentina durante el movimiento de peatones generarían disminución significativa en la velocidad y una desviación obvia en su trayectoria. Entonces es importante determinar las influencias de la

duración de la parada, la posición de la parada, la densidad de la multitud en los movimientos de peatones y los comportamientos de evasión de los peatones afectados en diferentes posiciones (Wang et al., 2020). Puesto que cuanto mayor sea la duración se podría generar aglomeraciones y el impedimento de paso y cruces sería un problema, entonces los peatones no optarán por esa vía. En el tráfico peatonal unidireccional, el aumento de la densidad de peatones tiende a aumentar la incomodidad y retrasar el paso, mientras que el tiempo de disipación aumenta linealmente (Teknomo, 2002).

2.5.2 Flujos bidireccionales

En este tipo de movimiento bidireccional, las personas se desplazan en ambas direcciones de la vía en sentidos opuestos. En los flujos de dos sentidos, los peatones intensifican la búsqueda de espacios donde puedan moverse, tratando de minimizar los cruces. La situación óptima del flujo bidireccional es cuando las líneas con misma dirección se agrupan en una corriente de flujo dividiendo así el pasillo en dos regiones. La fricción de estas corrientes se produce sólo en la frontera donde interactúan los peatones con dirección contraria, de esta manera el flujo dentro del pasillo es mayor, en comparación con las líneas dinámicas dispersas por el pasillo (González, 2011). De igual modo, Jian et al. (2005) estudiaron el flujo bidireccional de peatones en un corredor e infirieron que se ven afectados por la interacción con otros peatones y la fricción del entorno circundante. Asimismo, cuando el flujo en una dirección sea mayor que el de la dirección opuesta, nos referiremos al primero como flujo mayor. El flujo más pequeño en ambas direcciones se definirá como el flujo menor. Cuando los caudales mayores y menores son iguales o de similar magnitud hablamos de caudal equilibrado (Feliciani et al., 2019). Sin embargo, esto está en proporción a la demanda y capacidad de cada vía, así como variables de peatón como el espacio, velocidad e interacción. Finalmente, para el sistema bidireccional, el índice de incomodidad aumenta logarítmicamente a medida que aumenta el

número total de peatones en el sistema, mientras que el tiempo de retardo y disipación aumentan exponencialmente (Teknomo, 2002).

2.5.3 Los cruces

Los cruces de peatones son omnipresentes. La mayoría de cruces depende de la afluencia de personas en los espacios. En situaciones donde las densidades de peatones son bajas, los cruces no son muy visibles. Mientras exista un incremento de la densidad, el conflicto de usuarios es mayor. En caso de edificios en colegios o universidades, el cruce de personas es muy común por la presencia de varios corredores. En situaciones donde el ancho de los corredores es estrecho y existe aglomeración. Entonces, se forman colas y la disminución de velocidad de los usuarios.

2.6 Microsimulación

Los modelos de microsimulación se han ido desarrollando con el tiempo, y han evolucionado en forma de Software. El empleo de esta herramienta representa grandes ventajas debido a su fácil manejo, gran detalle en la representación y alta calidad. Estos sistemas permiten modelar de manera fácil cualquier tipo de geometría y en gran detalle. Así como también, todo tipo de flujos multimodales de tránsito, incluyendo buses, tranvías, bicicletas y peatones. Presenta un campo de aplicación muy amplio, en el cual se incluyen proyectos de transporte público y privado en zonas urbanas e interurbanas. (Roca, 2010).

Existen diversos medios de transporte, y el caminar es considerado como parte de estos. Según la encuesta realizada por Lima cómo Vamos en el 2019, se registra que la caminata es el modo más usado para realizar diversas actividades. Este es un medio mucho más difícil de manejar, puesto que, a diferencia de los vehículos, no existe un reglamento específico. Los patrones de comportamiento son inestables e impredecibles ya que los peatones pueden llegar a detenerse en cualquier momento, cambiar de dirección, hacer giros o cambios repentinos.

La simulación peatonal representa de manera precisa el comportamiento de una persona al caminar dentro de un entorno virtual, el cual fue previamente modificado con las características detalladas que representan el lugar de estudio. (PTV Group, 2021).

2.6.1 Modelo de fuerza social

El modelo de fuerza social se encuentra relacionado con modelos gascinéticos y fluidos dinámicos de tráfico, ya que en estudios se han encontrado que los gases se comportan similarmente al peatón. La formulación fue desarrollada por Heilbing y Monar en 1998, la cual está basada en tres efectos del peatón. El primero se encuentra relacionado con el que un peatón quiere llegar a su destino lo más cómodo posible por el camino más corto y con una velocidad deseada. Esta zona se representa como polígonos con aristas, y cada intersección de aristas representa los objetos de las marchas. El segundo efecto, se encuentra relacionado a que un peatón está influenciado por otros peatones y por obstáculos (efecto territorial), para evitar la colisión los peatones deben desviar su trayectoria con respecto a un potencial repulsivo representado por una función monótona decreciente de las líneas equipotenciales en forma de elipse. El tercer efecto se encuentra relacionado con la situación en que el peatón es atraído por otras personas y objetos, es decir en la calle las personas tienen a unirse con otras, porque se encuentran con amistades y conocidos. Además, las personas suelen ser atraídos por objetos agradables a su visión.

El modelo de Heilbing y Monar (1998), se utilizó para modelar peatones considerando la velocidad, aceleración, efecto de la fuerza de repulsión, pero, sin embargo, el software no es capaz de representar los efectos de atracción.

2.6.2 Parámetros del modelo de fuerza social

Según el manual de uso de software Vissim publicado en el 2018, los parámetros del modelo de fuerza social, se encuentran agrupados de la siguiente manera: parámetros del modelo original, parámetros de la extensión del modelo de Vissim y parámetros globales específicos.

Entre los parámetros principales según el tipo de peatón, se pueden destacar los siguientes:

- Tau (t): Representa el tiempo de relajación o la inercia que puede relacionarse con un tiempo de respuesta, ya que en él se acopla la diferencia entre la velocidad deseada y la dirección deseada y lo relaciona con los valores reales que emplea el peatón. Si el valor de t aumenta, se disminuyen los valores de velocidad y aceleración y si hay una curva, se tendrá un mayor radio de giro.
- Lambda_mean: Rige la anisotropía de las fuerzas a partir de los hechos y/o acontecimientos que suscitan a la espalda del peatón. En este caso, no influyen los hechos psicológicos y sociales como sí lo haría, los que tuviera a su vista. Este parámetro incluye la amplitud de la fuerza repulsiva.
- Asocial_isotropic y Bsocial_isotropic: Junto con el parámetro “Lambda”, estos dos rigen una de las fuerzas que se producen entre los peatones y depende de la distancia de separación entre estos. “A” indica la amplitud de las fuerzas repulsivas y “B” determina la distancia de influencia de la fuerza de repulsión. Si ambas variables resultan cercanas a 0, significa que los peatones se encuentran superpuestos.
- Asocial_mean, Bsocial_mean: Estos parámetros definen la amplitud de la fuerza repulsiva “A” y el rango típico de interacción de “B” de la fuerza social entre dos peatones. Estas variables representan el espacio requerido de movimiento (representado por un movimiento elíptico)
- VD: Es una variable que influye en la distancia que hay entre dos peatones cuando tienen que cambiar la trayectoria para evitar la colisión. Si VD aumenta, la esquivación de los peatones también.
- Noise: Es una fuerza aleatoria añadida en caso de que un peatón esté por debajo de su velocidad deseada.
- Read to N: Ayuda a calcular la fuerza total de un peatón, pero solo tiene en cuenta la influencia ejercida por los “n” peatones que se encuentran cerca. Un valor predeterminado para “n” es 8.

Si Read to N disminuye la densidad de peatones aumenta (los peatones tienen a formar grupos).

- Queue_order: Es el grado de orden de una cola
- Queue_straightness: Es el grado de rectitud de una cola
- Slide_preference: Este parámetro define si los flujos peatonales opuestos prefieren utilizar el lado derecho o izquierdo cuando se cruzan.

2.7 Capacidad en espacios comunes

Según el CENEPRED (2018) los aforos se calculan con la finalidad de que en los ambientes o espacios se puedan realizar las actividades o funciones que sean requeridas, teniendo en cuenta las normas específicas y restricciones del tipo de edificación. En el caso de edificios educativos, en espacios como pasillos, salas de espera, entrada a los servicios higiénicos y escaleras ocurre la mayor aglomeración e interacción de usuarios. Este problema ocurre en situaciones especiales como cambio de aulas o asistencia a exámenes. Por lo tanto, es importante definir cuál es el ancho efectivo para que puedan desplazarse en base al tipo de movimiento (unidireccional o bidireccional). De acuerdo al MINEDU (2020) los corredores, pasillos y escaleras son considerados áreas que pueden propiciar la socialización, recreación y la actividad física. En ese sentido, si los ambientes se encuentran anexos a las circulaciones, no deben reducir el ancho mínimo que garantiza la accesibilidad y evacuación según lo establecido en el RNE. El número de índice de ocupantes de la edificación para efectos del diseño de las salidas de emergencia, pasajes de circulación, entre otros (RNE, 2006). Para calcular este valor, se usan los coeficientes mostrados en la Tabla 2, según los ambientes.

Tabla 2

Número de ocupantes según los ambientes

Principales Ambientes	Coefficiente de ocupantes
Auditorios	Según el número de asientos
Salas de Usos Múltiples	1.0 m ² por persona
Aulas	1.5 m ² por persona
Talleres y Laboratorios	3.0 m ² por persona
Bibliotecas	2.0 m ² por persona
Oficinas	9.5 m ² por persona

Nota. Adaptado de la Norma A010 del Reglamento Nacional de Edificaciones (2006)

Sin embargo, por la pandemia se han establecido protocolos como las distancias físicas en recintos con alta densidad de usuarios. En consecuencia, los aforos en áreas comunes de circulación están basados en cumplir la distancia mínima de separación de dos metros. Para ello, se muestra las medidas tomadas en estos espacios en universidades alrededor del mundo. En el caso del MIT en los pasillos o escaleras con tráfico de dos vías, se debe tener en cuenta a los que están frente a la persona o los que pasan, y mantener una distancia de al menos 6 pies y en el caso de pelotones estos deben permanecer juntos y con las mismas pautas. (MIT Research Ramp-Up Lightning Committee, 2020).

2.8 Estado del arte

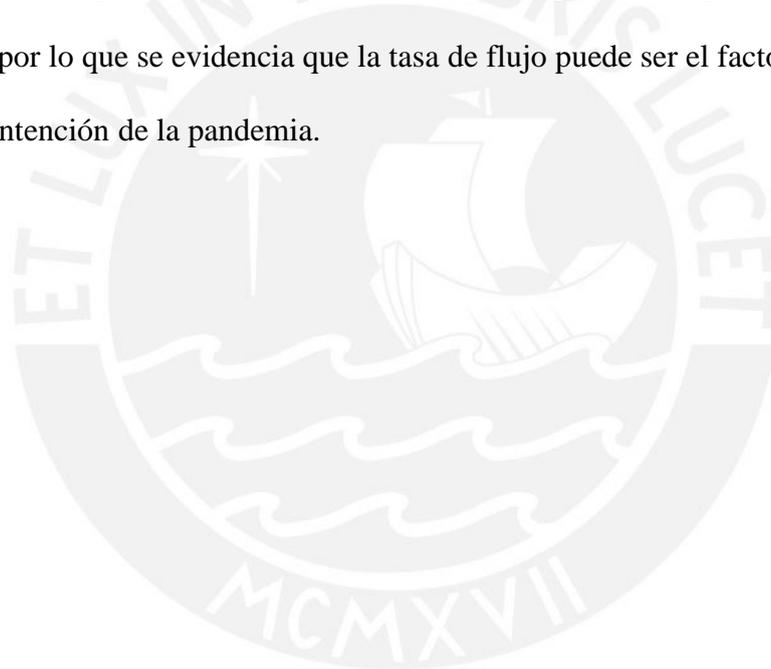
La alta y rápida transmisibilidad del virus SARS-CoV2 ocasionó el cierre temporal de muchos establecimientos y la suspensión de actividades educativas presenciales en universidades y colegios como medida preventiva. Según expertos en políticas educativas, como (Bayham & Fenichel, 2020; Munro & Faust, 2020; Viner, 2020), el cierre de los centros educativos no impacta significativamente en la reducción de contagios y mortalidad. Viner señala que sólo se evitaría del 2 al 4% de las muertes por COVID19, un porcentaje mucho menor al de otras actividades. De acuerdo con esta premisa, en un futuro, se podría regresar a estos recintos adoptando medidas de bioseguridad como el distanciamiento social para reducir la interacción

entre personas. Por ello, es necesario realizar estudios que analicen la interacción y desplazamientos de las personas en distintos lugares.

Desde hace algunos años, los investigadores estudian el comportamiento de los usuarios al caminar en un determinado espacio. Para ello, tienen en cuenta diversos factores como las características del movimiento y las condiciones geométricas del lugar de estudio. De acuerdo con Li y Guo (2020), el flujo peatonal se relaciona directamente con factores como la velocidad, la densidad y el comportamiento del usuario. Los parámetros mencionados son de suma importancia para la investigación, pues ayudan a caracterizar a los peatones y con ello se logrará realizar el modelo de microsimulación. En el año 2019, Jin y Jiang realizaron un experimento de simulación de flujo unidireccional en pasillos con geometrías variadas en condiciones de alta y media densidad. Los autores concluyeron que el flujo varía de poca a nula movilidad en densidades altas, por lo que se presenta una alta interacción entre usuarios.

En el 2020, Muhhamad y Devin presentaron una investigación en la que se realizó una microsimulación para evaluar el impacto del distanciamiento social en una calle urbana en Halix, Canadá. Para el estudio, se tomaron en cuenta tres casos distintos: el primero se desarrolla en un escenario previo a la pandemia y los otros dos, durante la pandemia. Estos dos últimos consideran el distanciamiento social y difieren entre sí por las características geométricas que se adaptan en cada uno de ellos. En los resultados, se evidenció que los escenarios en donde se respetaron las medidas de distanciamiento social, se redujo significativamente la interacción entre peatones. En el escenario sin mejora de acera, se mostró un 43% de reducción, mientras que en el otro se obtuvo un 68%. Con estos resultados se observa que el distanciamiento social y el aumento del ancho en la acera ayudan notoriamente a la reducción de interacción entre personas y con ello disminuye el riesgo de contagio.

En otro estudio realizado por Hong, Liu, Tangyi y Kun en el año 2020, se mostró un modelo de contención de la epidemia de Covid 19, donde se consideró la interacción de los peatones y la situación de la propagación masiva de la epidemia en lugares públicos. En el modelo se representó el movimiento de los peatones y con las características de la epidemia de Covid se simuló el comportamiento dinámico de infección de una sola persona. Al simular la ley de propagación los resultados mostraron que la tasa de flujo, las medidas de protección de los peatones, el distanciamiento entre peatones y la velocidad fueron factores importantes que afectaron a la propagación de la pandemia. Cuando el flujo de peatones era de 1700 personas por hora, el número de personas infectadas dentro de un lapso de tiempo de 500 segundos es de 27 personas, por lo que se evidencia que la tasa de flujo puede ser el factor más importante para lograr la contención de la pandemia.



CAPITULO 3. METODOLOGÍA

La metodología del presente trabajo de investigación tiene un nivel predictivo, ya que se va a plantear tres propuestas que serán modeladas mediante una microsimulación. En ellas se representa la disposición de pisos y salones para la entrada y salida de usuarios a las aulas durante la época de exámenes. En cada situación se evaluará y comparará el número de interacciones promedio. Asimismo, el diseño de esta tesis es experimental.

Es importante mencionar que la propuesta resulta ser parte de una metodología inicial, la cual podrá ser validada cuando se tengan datos reales de una presencialidad. Con los datos escasos se tiene un punto de inicial, que con un posible retorno a la presencialidad esta metodología podrá ser mejorado con datos reales que permitan validad y calibrar el modelo de microsimulación. El desarrollo de la investigación se presentará en el siguiente párrafo.

3.1 Descripción del procedimiento

Para la elaboración del trabajo de tesis, se tendrá en cuenta el siguiente procedimiento, el cual enfoca las etapas más importantes del proceso.

3.1.1 Recopilación de información

Para este punto, se aplicarán cuestionarios a los usuarios que hacen uso del lugar de estudio. El objetivo de esto será obtener información de cómo era el comportamiento de los usuarios dentro de las áreas comunes del pabellón A (pasillos, escaleras y ascensores). La información más importante que se rescata es saber cuál es el piso más concurrido, el horario en el que habíamos clases, la entrada por la que llegaban a sus destinos, entre otros. Asimismo, será importante corroborar si existía aglomeración de personas en las áreas comunes al momento de dirigirse a sus destinos. Para complementar esta información, la universidad nos proporcionó el cronograma de itinerario de aulas para concretar los resultados de los cuestionarios. Esta información será un punto clave para la determinación y elección de los pisos más concurridos

y con ello poder generar el modelo de microsimulación, ya que si el modelo funciona en un área más concurrida funcionará para todas las demás.

3.1.2 Análisis de información

Con la información recolectada se elige el horario crítico de entrada y salida a las aulas en semana de exámenes. Las variables de estudio, como el desplazamiento y la velocidad, se obtienen de estudios existentes sobre el desplazamiento de estudiantes en la PUCP. Posteriormente, se describe a estos usuarios de acuerdo a su comportamiento peatonal y agrupamientos dentro del recinto. Asimismo, por cada propuesta se definirá la cantidad y el orden de uso de los pisos, para luego seleccionar las aulas en cada horario a trabajar. Luego, se definirá el aforo para las aulas seleccionadas. De igual modo, se trazarán gráficamente las líneas de flujo peatonal en una matriz origen-destino. Por último, clasificar al usuario teniendo en cuenta estos parámetros importantes: la velocidad, la trayectoria, comportamiento y el recorrido. Los resultados serán considerados como datos de entrada.

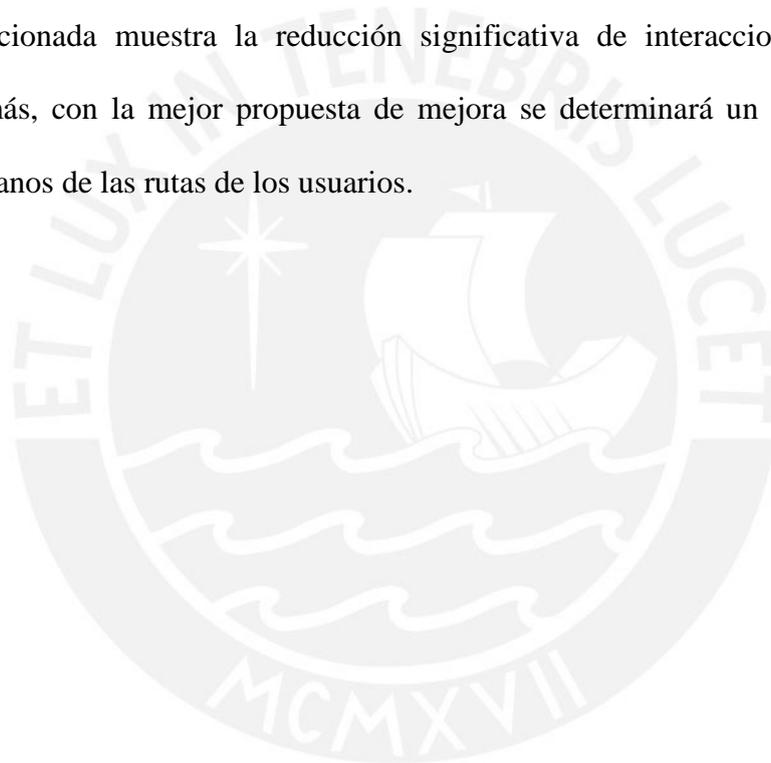
3.1.3 Elaboración propuestas y modelos

En esta etapa, se desarrollarán tres modelos de microsimulación utilizando la herramienta de Viswalk en el software Vissim 2022 para tres propuestas de mejora. En la primera se empleará los pisos de dos en dos en conjunto para el descenso de estudiantes, y el ascenso será desde el segundo piso al séptimo de manera ordenada. Para la segunda propuesta se usarán los pisos de tres en tres, con todos los salones al mismo tiempo, el descenso y la subida es similar a la primera propuesta. Por último, en la tercera propuesta se utilizarán todos los salones de solo tres pisos para la primera hora de análisis y los restantes para la segunda. En las cuales, se considerarán las disposiciones de ajuste de dirección de pasillos, selección de aulas, horarios, distancia física y densidad estudiantil. De igual modo, se realizará la definición de indicadores: interacción, distancia física y densidad. De igual manera, en estos modelos se determinarán los

parámetros del modelo de fuerza social para buscar reducir el número de interacción de los usuarios en el pasillo del Pabellón A.

3.1.4 Comparación de los modelos

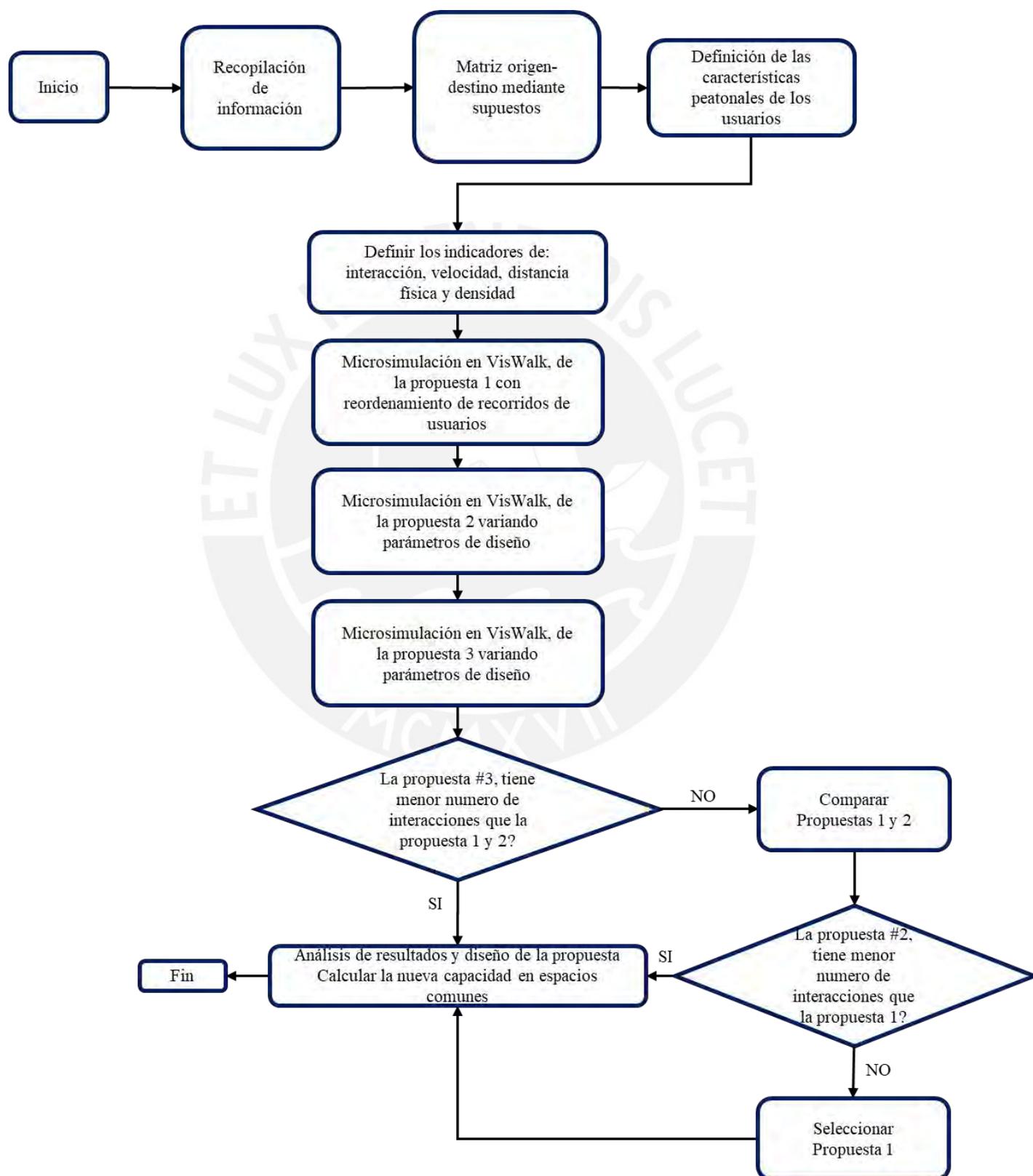
Para los modelos propuestos se determinarán el número de interacciones por medio de la cantidad máximo de peatones que pasan por los detectores ubicados dentro de los pasillos, zonas de escaleras y ascensores del pabellón A. Este valor se debe comparar entre todas las propuestas de mejora. En esta etapa comprobamos si se cumple la hipótesis, ya que, la propuesta seleccionada muestra la reducción significativa de interacciones en las áreas comunes. Además, con la mejor propuesta de mejora se determinará un nuevo aforo y se realizarán los planos de las rutas de los usuarios.



3.2 Flujograma

Figura 1.

Flujograma de la Metodología



Nota. Elaboración propia

CAPITULO 4. RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

4.1 Recopilación de información

Para tener un enfoque completo del lugar de estudio se realiza la recolección de información, con esto se logrará conocer el panorama en el que se encuentra el Pabellón A de la PUCP y con ello, el comportamiento peatonal de los usuarios dentro de las áreas comunes en época de exámenes.

4.1.1 Población

Según los autores Arias et al. (2016) definen a la población como un conjunto de casos, definido, limitado y accesible, que formará el referente para la elección de la muestra. Asimismo, la población se entiende como “el conjunto de todos los elementos a los cuales se refiere la investigación o el conjunto de todas las unidades de muestreo que tienen características similares entre sí (Fraccia, p. 160, citado en Torres 2010). En tal sentido, la población para este trabajo de investigación está constituida por los alumnos, profesores, personal de la Facultad de Ciencias e Ingeniería que hacen uso del pabellón A. En la tabla 3, se mostrarán los estudiantes matriculados en el ciclo según la carrera a la que pertenecen.

Tabla 3

Alumnos matriculados en el ciclo 2021-2 por especialidad de FCI

Especialidad	Alumnos matriculados
Estadística	4
Física	54
Ingeniería Biomédica	182
Ingeniería Civil	1133
Ingeniería de las Telecomunicaciones	106
Ingeniería de Minas	106
Ingeniería Electrónica	184
Ingeniería Geológica	79

Ingeniería Industrial	1296
Ingeniería Informática	400
Ingeniería Mecánica	367
Ingeniería Mecatrónica	532
Matemáticas	18
Química	22
TOTAL	4483

Nota. Adaptado de alumnos matriculados en el ciclo 2021 – 2, proporcionado por el área de Infraestructura de la PUCP (2021)

4.1.2 Cuestionarios a los usuarios

Se realizaron alrededor de 272 cuestionarios, estas fueron iniciadas el 12 de septiembre del 2021 y culminaron el 20 de septiembre del mismo año. Esta cuenta con tres secciones: la primera sección recopila la información general de la persona encuestada; la segunda sección se enfoca en un escenario previo a la pandemia y, por último, la tercera sección que desarrolla la situación actual.

La primera parte se orientó en registrar la información general de la persona, como: correo educativo, edad, especialidad de ciencias e ingeniería. Asimismo, se preguntó si el usuario presentaba alguna dificultad para desplazarse; estas fueron preguntas abiertas con respuestas cortas. La segunda parte buscó conocer como era el comportamiento peatonal de los usuarios en semana de exámenes dentro de las áreas comunes del pabellón A en una situación previa a la pandemia, es decir a partir del año 2019 hacia atrás. Estas preguntas fueron formuladas de manera que se analice y se determine el acceso al pabellón A más usado, el piso en el que se rendía mayor número exámenes, la cantidad de exámenes que se tenía por día, el ritmo de caminata del usuario, la conglomeración en pasillos al momento de entrar y/o salir de un examen.

Por último, la tercera sección tiene como objetivo conocer cómo se comportarían los usuarios dentro de las áreas comunes del pabellón A, si se tendría que regresar a las aulas de forma

presencial en un escenario de pandemia. Para ello, se formularon preguntas a los usuarios acerca de lo que estarían dispuestos a realizar en un posible retorno como: cuantos exámenes estarían dispuestos a dar en un día, si utilizarían áreas cerradas (ascensores) y áreas de reuniones (terrazas). También se solicitaron sugerencias y/o cambios que podrían realizarse para que los usuarios se sientan seguros de volver a las aulas.

4.1.3 Recopilación de aforos y cronogramas de horarios

Con el objetivo de obtener los datos reales del aforo en las áreas comunes del pabellón A se solicitó esta información al encargado del área de infraestructura en la PUCP, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 4.

Aforos de salones y terrazas por piso

PISOS	AFORO EN SALONES Y TERRAZAS											
	A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08	A09	A10	T1	T2
PISO 2	53	53	61	31	31	32	31	31	-	-	16	-
PISO 3	53	53	31	31	31	31	32	31	31	-	12	8
PISO 4	53	53	31	31	32	31	31	31	31	-	20	9
PISO 5	53	55	31	31	31	31	31	31	31	-	20	8
PISO 6	53	53	31	31	31	31	31	31	31	31	-	-
PISO 7	53	53	31	31	31	31	31	31	31	-	20	8

Nota. Adaptado de los Planos del Pabellón A proporcionado por el área de Infraestructura de la PUCP (2021)

Asimismo, para determinar la cantidad de alumnos que se encuentran dentro de un salón al momento de rendir exámenes se tomó como referencia el ciclo 2019-2. Con esta información se determinará la hora y el día más aglomerado al momento en que los usuarios interactúan en las áreas comunes al salir y/o entrar a un salón.

Para obtener la información de itinerario de aulas, se realizó una solicitud al área de infraestructura de la PUCP. Esta información fue organizada en tablas de manera que se

contabilizó cuantas personas entraban y salían de un salón, y con ello se determinó el total de personas que interactúan en un pasillo. A continuación, se mostrará el uso de aulas en el piso N°02 el día Jueves. En la tabla 5 se puede notar la cantidad de usuarios que rinden examen en un salón, el color plomo representa el momento en el estudiante ingresa al aula y el color naranja la salida.

Tabla 5.

Itinerario de uso de aulas en semana de exámenes

Día	JUEVES									Total
Hora	A201	A202	A203	A204	A206	T1	A207	SSHH		
7 a.m.										0
8 a.m.			E 31		E 31					62
9 a.m.										0
10 a.m.										0
11 a.m.			E 31		E 31					62
11:30 a. m.					E 26		E 25			51
12 a.m.										0
13 p.m.										0
14 p.m.										0
14:30 p.m.					E 26		E 25			51
15 p.m.	E 28	E 28	E 30	E 29	E 11					126
16 p.m.										0
17 p.m.										0
18 p.m.	E 28	E 28	E 30	E 29	E 11					126
18:30 p.m.	E 25	E 19	E 19	E 28	E 27		E 25			143
19 p.m.										0
20 p.m.										0
21 p.m.										0
21:30 p.m.	E 25	E 19	E 19	E 28	E 27		E 25			143
22 p.m.										0

Nota. Adaptado de Itinerario de Aulas proporcionado por el área de Infraestructura de la PUCP (2021)

Fuente: Propia

La tabla mostrada anteriormente fue realizada para cada día de la semana que se rinde examen y en todo horario, con la finalidad de saber la cantidad de usuarios que hay en los pisos y por salones en cada horario de examen. Estas tablas se encuentran en el ANEXO A.

4.1.4 Levantamiento geométrico del espacio

Se solicitó los planos del pabellón “A” a la oficina de infraestructura, con estos se acotaron las dimensiones más importantes de las áreas comunes. Además, se identificaron las áreas más importantes que conectan con el pasillo, las cuales son: salones de clase, terrazas, área de ascensores, 1 baño para mujeres, 1 baño para hombres y 1 baño para personas con discapacidad. En la tabla 6, se pueden visualizar las dimensiones del pasillo en cada piso.

Tabla 6.

Dimensiones de los pasillos en cada piso

Descripción	Largo (m)	Ancho (m)	Área (m ²)
Piso 2	71.41	2.15	153.5
Piso 3	71.41	2.15	153.5
Piso 4	73.25	2.15	157.5
Piso 5	71.41	2.15	153.5
Piso 6	73.25	2.15	157.5
Piso 7	71.41	2.15	153.5

Nota. Adaptado de Itinerario de Aulas proporcionado por el área de Infraestructura de la PUCP (2021)

Fuente: Propia

4.2 Análisis de la información

4.2.1 Identificación de características del espacio

En el espacio a estudiar se identificaron áreas ocupadas por máquinas expendedoras y bebederos, los cuales representan obstáculos en el desplazamiento peatonal. Las dimensiones típicas fueron recopiladas de la página donde son distribuidas. Conocer el valor de estas áreas es importante, puesto que están ubicadas como obstáculos a través de todo el pasillo. En la tabla 7, se pueden visualizar las dimensiones de los obstáculos.

Tabla 7.

Dimensiones y área ocupada por máquinas expendedoras y bebederos

Piso	# de Expendedoras	Largo (m)	Ancho (m)	Área ocupada (m ²)
Piso 2	1	1.04	0.79	0.82
Piso 3	2	1.04	0.79	1.64
Piso 4	1	1.04	0.79	0.82
Piso 5	1	1.04	0.79	0.82
Piso 6	-	1.04	0.79	-
Piso 7	1	1.04	0.79	0.82

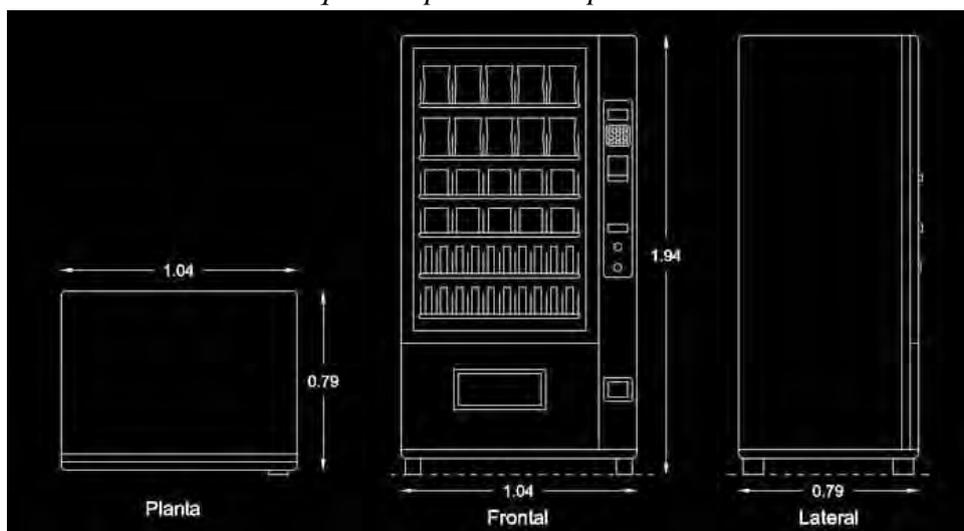
Nota. Adaptado de Itinerario de Aulas proporcionado por el área de Infraestructura de la PUCP (2021)

Fuente: Propia

Cada piso del pabellón, cuenta con 1 bebedero con enfriador de 0.61 m x 0.53 m, los cuales ocupan un área de 0.32 m².

Figura 2

Dimensiones de una máquina expendedora típica



Nota. Adaptado de “Mobiliario urbano” por Librería de Bloques de AutoCAD

Figura 3

Bebedero de agua con enfriador



Nota. Adaptado de “Bebedero de agua con enfriador” por Bonavista Perú

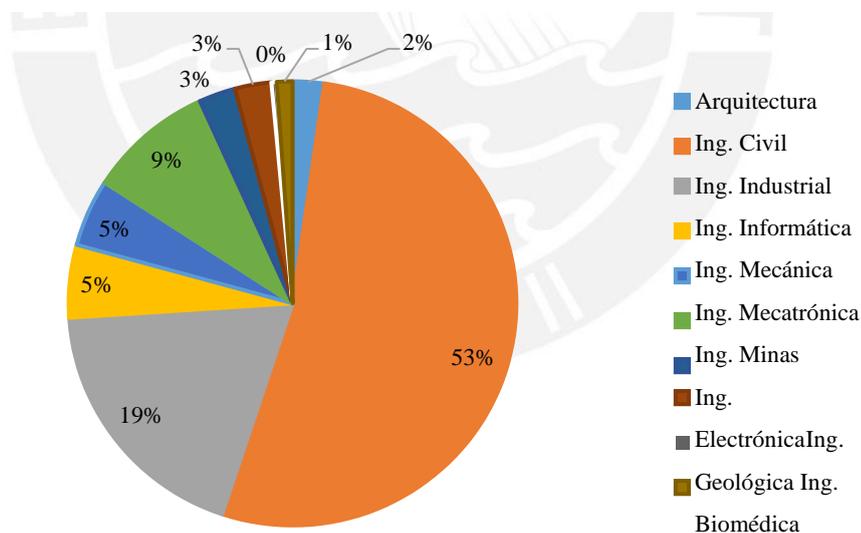
4.2.2 Resultados de los cuestionarios

Se llevaron a cabo 272 encuestas, realizada a estudiantes, egresados, jefes de prácticas, entre otros usuarios de la PUCP que utilizaron el pabellón A. El rango de edad de personas encuestadas es de 18 a 33 años, contando con un mayor porcentaje de respuestas de usuarios entre 21 y 23 años. De las cuales, el 2.2% presenta limitaciones que afectan su capacidad para desplazarse dentro de las áreas comunes de las instalaciones.

El mayor porcentaje de respuestas fueron estudiantes de Ingeniería Civil, seguido por Ingeniería Industrial; siendo estas las carreras con mayor número de estudiantes dentro de la facultad. En la figura 4 se muestran los porcentajes de respuesta según la especialidad a la que pertenecen.

Figura 4

Alumnos de la Facultad de Ciencias e Ingeniería que respondieron la encuesta según Especialidad



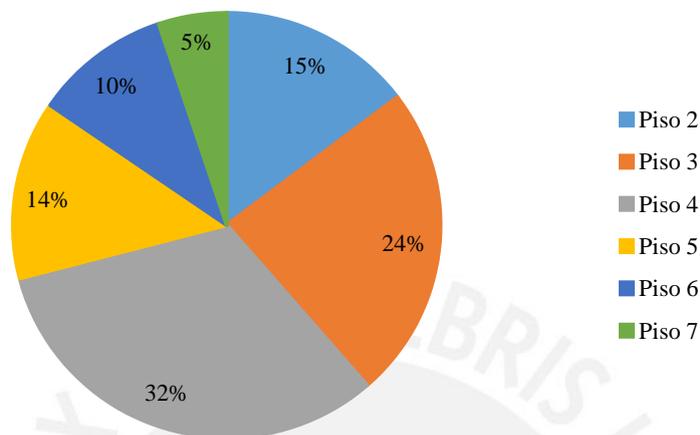
Nota. Elaboración Propia

Las preguntas que se realizaron fueron formuladas para conocer como era el comportamiento de los estudiantes en la etapa previa a pandemia en la semana de exámenes, esta información es crucial para realizar el modelo de la propuesta y también ayudará a determinar aspectos importantes sobre el uso del pabellón. En la figura 5 se muestra el piso en el cual los usuarios

rendían un mayor número de exámenes y en la figura 6, la cantidad de exámenes en promedio que se tenían por día.

Figura 5

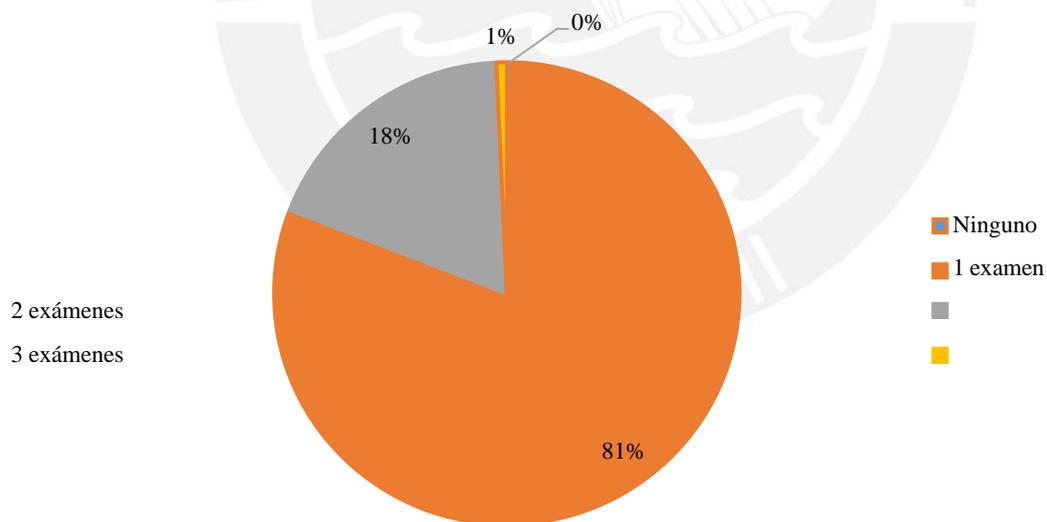
Piso más utilizado por los usuarios al momento de rendir exámenes



Nota. Elaboración Propia

Figura 6

Cantidad de exámenes promedio de los usuarios por día

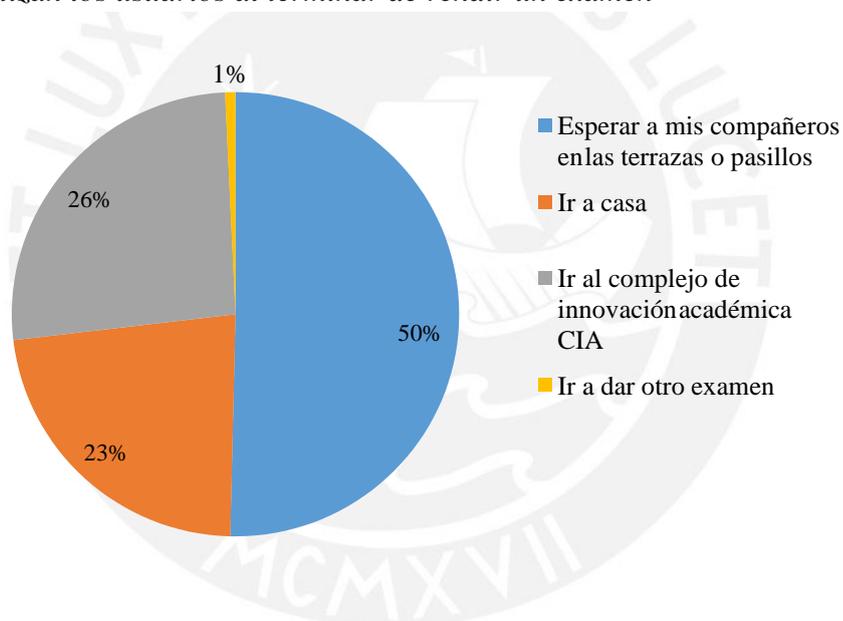


Nota. Elaboración Propia

Para determinar las rutas de los peatones en el modelo a proponer es necesario conocer las actividades que realizaban los estudiantes al terminar de rendir sus exámenes, así como también, es importante saber cómo se encontraban los pasillos cuando querían desplazarse hacia otros espacios. En la figura 7, se puede observar que la acción que realizan mayormente los estudiantes al término de un examen es esperar a sus compañeros en los pasillos del pabellón A, y en la figura 8 se visualiza que la mayoría de usuarios encontraba los pasillos llenos con personas detenidas y/o esperando ingresar a sus aulas para rendir exámenes.

Figura 7

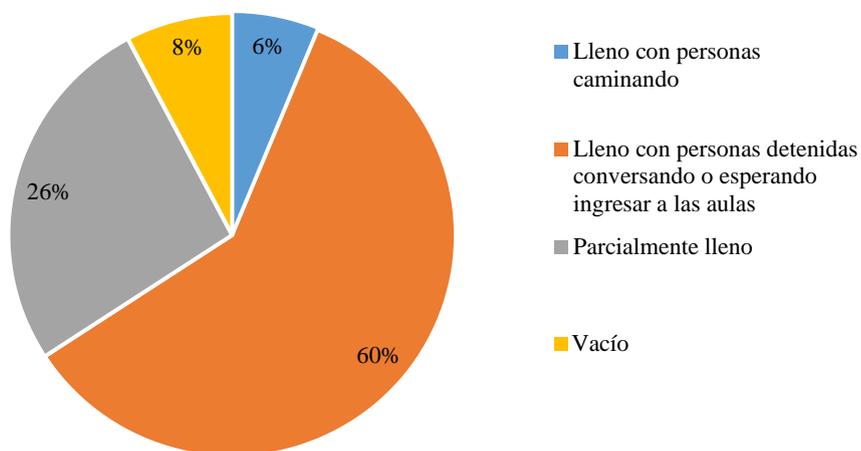
Acciones que realizan los usuarios al terminar de rendir un examen



Nota. Elaboración Propia

Figura 8*Aglomeración de usuarios en los pasillos en el ciclo 2019 -2*

Fuente: Propia

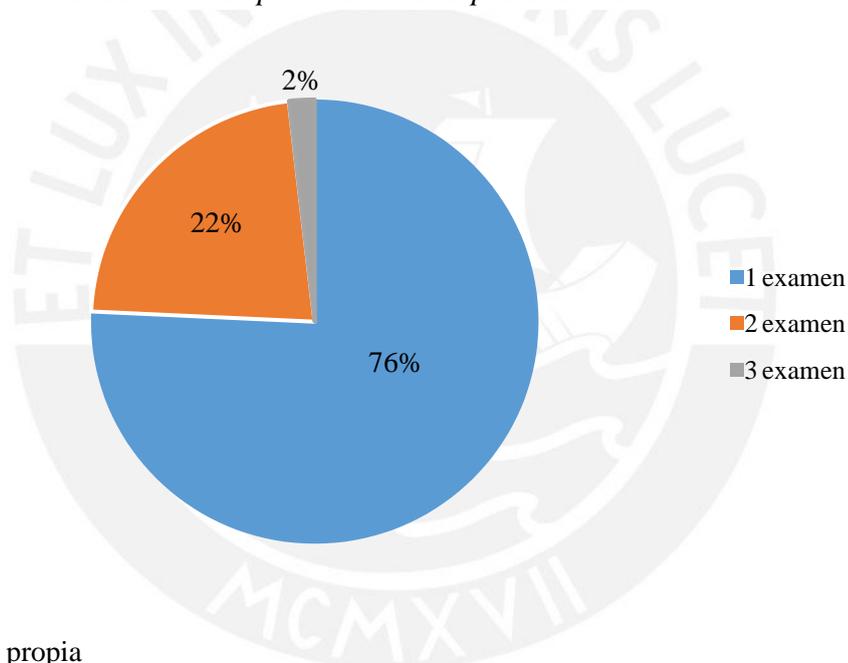
Figura 9*Porcentaje de cómo se encontraban los pasillos al término de un examen*

Nota. Elaboración Propia

Asimismo, se realizaron preguntas acerca de los requisitos mínimos que tendría que tener el pabellón A para que los usuarios se sientan seguros de volver a las aulas. Considerando que las aulas son un espacio cerrado la mayoría de usuarios encuestados solo estaría dispuesto a rendir un examen por día. Con respecto a los espacios, mencionaron que debería haber un lapso de tiempo entre el término y el inicio de un examen para el proceso de desinfección de salones; y se deben cumplir con todos los protocolos de bioseguridad, distanciamiento físico y buena ventilación en los ambientes.

Figura 10

Requisitos mínimos de los usuarios para volver a la presencialidad



Nota. Elaboración propia

4.2.3 Descripción de accesos al Pabellón A

El pabellón A cuenta con tres entradas como se muestra en la figura 10. La primera entrada se encuentra ubicada al costado de la biblioteca CIA, la segunda al lado de CEPRE y la tercera entrada en el centro de la edificación. Para conocer el mayor flujo peatonal se empleó los resultados de la encuesta realizada. Entre las personas encuestadas, se obtuvo que el 51%

prefiere ingresar a las aulas por la segunda entrada, mientras que el 42% por el primer acceso y por último el 7% por tercer acceso como se muestra en la figura 11.

Figura 11

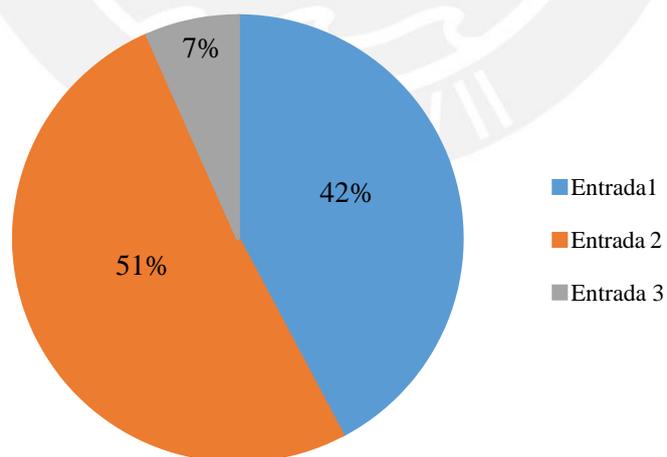
Accesos que tiene el Pabellón A de la PUCP



Fuente: Adaptado de Edificio de aulas de Ingeniería y Ciencias PUCP Llosa Corteaga Arquitectos (2015)

Figura 12

Acceso más utilizado del Pabellón A por los usuarios



Nota. Elaboración Propia

4.2.4 Selección del intervalo de tiempo a analizar

Con el cronograma de itinerario de aulas organizado se determinó la cantidad de estudiantes inscritos por curso, según cada horario de clases. Esto sirvió para determinar el intervalo de tiempo en el que concurren la mayor cantidad de usuarios en las áreas comunes del pabellón. Como resultado de ello, se determinó el tiempo de análisis que vendría a ser la media hora existente entre el lapso que los estudiantes salen de rendir un examen y los estudiantes que ingresan a rendir otro examen en el mismo salón. Con esta información recolectada se determinó el día y la hora con mayor afluencia en el que se realizará la propuesta, debido a que la facultad de ciencias e ingeniería no modifica los días en el que se rinde exámenes en los diferentes cursos de cada especialidad y se mantiene cada ciclo.

4.2.5 Matriz origen-destino de los usuarios

Para tomar en cuenta el origen-destino de los peatones se tomó en cuenta los resultados de la encuesta sobre tres aspectos: el acceso al pabellón A, el comportamiento de los estudiantes al término del examen y por último como se encontraban los pasillos.

4.2.5.1 Entrada a las aulas

El edificio del pabellón A solo cuenta con tres accesos y los usuarios en épocas de exámenes solo tienen un destino: llegar a las aulas. Por lo tanto, se reconocieron todas las rutas posibles desde los accesos del pabellón hacia las aulas. Esto se hizo en tres sentidos: primero desde el acceso cercano a CIA, luego por el acceso cercano a CEPRE y por último por el centro. En total se generaron 51 posibles como se muestra en la tabla 8.

Tabla 8*Matriz de origen (entrada) hacia las aulas*

PISO	AULA	ACCESO 1	ACCESO 2	ACCESO 3
PISO 2	A201	Ruta 1	Ruta 2	Ruta 3
	A202	Ruta 4	Ruta 5	Ruta 6
	A203	Ruta 7	Ruta 8	Ruta 9
	A204	Ruta 10	Ruta 11	Ruta 12
	A207	Ruta 13	Ruta 14	Ruta 15
PISO 3	A301	Ruta 16	Ruta 17	Ruta 18
	A302	Ruta 19	Ruta 20	Ruta 21
	A303	Ruta 22	Ruta 23	Ruta 24
	A305	Ruta 25	Ruta 26	Ruta 27
PISO 4	A402	Ruta 28	Ruta 29	Ruta 30
	A403	Ruta 31	Ruta 32	Ruta 33
	A406	Ruta 34	Ruta 35	Ruta 36
PISO 6	A603	Ruta 37	Ruta 38	Ruta 39
	A607	Ruta 40	Ruta 41	Ruta 42
PISO 7	A701	Ruta 43	Ruta 44	Ruta 45
	A702	Ruta 46	Ruta 47	Ruta 48
	A703	Ruta 49	Ruta 50	Ruta 51

Nota. Adaptado de Itinerario de Aulas proporcionado por el área de Infraestructura de la PUCP (2021)

Fuente: Propia

4.2.5.2 Salida de las aulas

En el caso del término de exámenes, para generar todas las rutas posibles se tomó en cuenta los resultados de la encuesta sobre que hacían al término de los exámenes y cómo se encontraban los pasillos como muestra la figura. De los resultados se obtuvo que los estudiantes se

desplazan hacia fuera del edificio, otros hacia los servicios higiénicos y cierto grupo hacia las terrazas. Entonces, se generan las rutas posibles en la tabla 9.

Tabla 9

Matriz origen (aulas) hacia los accesos, terraza y SSHH

PISO	AULA	ACCESO 1	ACCESO 2	ACCESO 3	TERRAZA	SSHH
PISO 3	A301	Ruta 1	Ruta 2	Ruta 3	Ruta 4	Ruta 5
	A302	Ruta 6	Ruta 7	Ruta 8	Ruta 9	Ruta 10
	A303	Ruta 11	Ruta 12	Ruta 13	Ruta 14	Ruta 15
	A305	Ruta 16	Ruta 17	Ruta 18	Ruta 19	Ruta 20
	A307	Ruta 21	Ruta 22	Ruta 23	Ruta 24	Ruta 25
PISO4	A402	Ruta 26	Ruta 27	Ruta 28	Ruta 29	Ruta 30
	A403	Ruta 31	Ruta 32	Ruta 33	Ruta 34	Ruta 35
	A405	Ruta 36	Ruta 37	Ruta 38	Ruta 39	Ruta 40
	A406	Ruta 41	Ruta 42	Ruta 43	Ruta 44	Ruta 45
PISO 6	A601	Ruta 46	Ruta 47	Ruta 48	-	Ruta 49
	A602	Ruta 50	Ruta 51	Ruta 52	-	Ruta 53
	A605	Ruta 54	Ruta 55	Ruta 56	-	Ruta 57
	A607	Ruta 58	Ruta 59	Ruta 60	-	Ruta 61
PISO 7	A701	Ruta 62	Ruta 63	Ruta 64	Ruta 65	Ruta 66
	A702	Ruta 67	Ruta 68	Ruta 69	Ruta 70	Ruta 71
	A703	Ruta 72	Ruta 73	Ruta 74	Ruta 75	Ruta 72
	A704	Ruta 77	Ruta 78	Ruta 79	Ruta 80	Ruta 81
	A705	Ruta 82	Ruta 83	Ruta 84	Ruta 85	Ruta 86

Nota. Adaptado de Itinerario de Aulas proporcionado por el área de Infraestructura de la PUCP (2021)

Fuente: Propia

4.2.6 Contabilización del número de peatones

La cantidad de estudiantes se obtuvo por medio del área de Infraestructura de la PUCP, la cual brinda la información de horarios y cantidad de matriculados en el ciclo 2019-2. Asimismo,

por cada aula se añaden dos jefes de práctica y un profesor encargado del curso. De la misma forma, por pasillo se toma en cuenta a dos personales de seguridad y dos de limpieza. En la tabla 10, se muestra la cantidad de estudiantes que rinden el examen de 3-6 pm y en la segunda los del horario de 6:30 pm a 9:30 pm que ingresan a las aulas.

Tabla 10

Cantidad de alumnos que rinden examen en los salones del pabellón A

PISO	AULA	ALUMNOS	PROFESOR	JEFE DE PRACTICA	PERSONAL SEGURIDAD	PERSONAL LIMPIEZA
PISO 2	A201	22	1	2		
	A202	22	1	2		
	A203	21	1	2	2	2
	A204	21	1	2		
	A207	34	1	2		
PISO 3	A301	21	1	2		
	A302	21	1	2		
	A303	33	1	2	2	2
	A305	32	1	2		
PISO 4	A402	29	1	2		
	A403	39	1	2	2	2
	A406	47	1	2		
PISO 6	A603	14	1	2	2	2
	A607	17	1	2		
PISO 7	A701	36	1	2	2	2
	A702	22	1	2		
	A703	23				

Nota. Adaptado de Itinerario de Aulas proporcionado por el área de Infraestructura de la PUCP (2021)

Fuente: Propia.

Tabla 11*Cantidad de alumnos que salen de rendir examen en los salones del pabellón A*

PISO	AULA	ALUMNOS	PROFESOR	JEFE DE PRACTICA	PERSONAL SEGURIDAD	PERSONAL LIMPIEZA
PISO 3	A301	21	1	2		
	A302	20	1	2		
	A303	22	1	2	2	2
	A305	21	1	2		
	A307	20	1	2		
PISO 4	A402	20	1	2		
	A403	20	1	2	2	2
	A405	21	1	2		
	A406	21	1	2		
PISO 6	A601	20	1	2		
	A602	20	1	2	2	2
	A605	22	1	2		
	A607	22	1	2		
PISO 7	A701	37	1	2		
	A702	22	1	2		
	A703	23	1	2	2	2
	A704	22	1	2		
	A705	22	1	2		

Nota. Adaptado de Itinerario de Aulas proporcionado por el área de Infraestructura de la PUCP (2021)

Fuente: Propia

4.2.7 Clasificación y caracterización de los usuarios

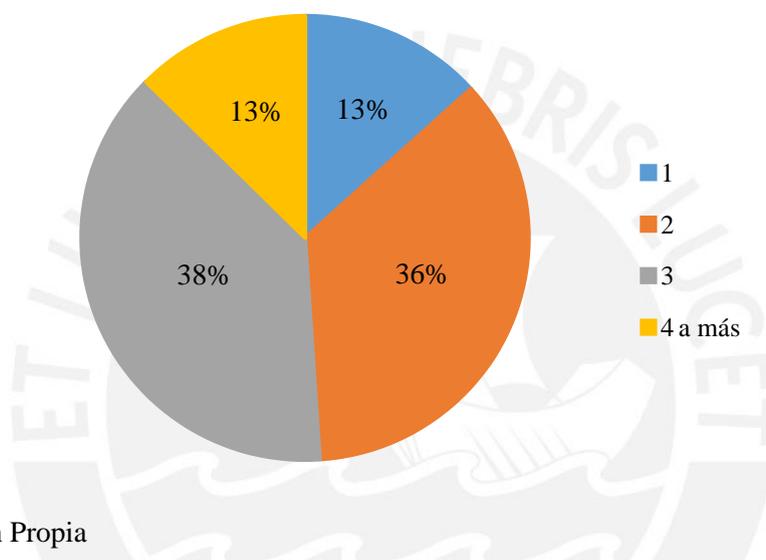
Para poder clasificar y caracterizar a los peatones se emplearon dos variables: la velocidad y la composición- espacio de grupos en el desplazamiento. Para ello, se emplearon los resultados

de las personas encuestadas, puesto que no se cuenta con registros de videograbaciones de las instalaciones.

Por un lado, para el caso de la conformación de los grupos de desplazamiento hacia las aulas se obtuvo que el 53% iba solo mientras que el 47% lo realizaba en grupos como se muestra en la gráfica.

Figura 13

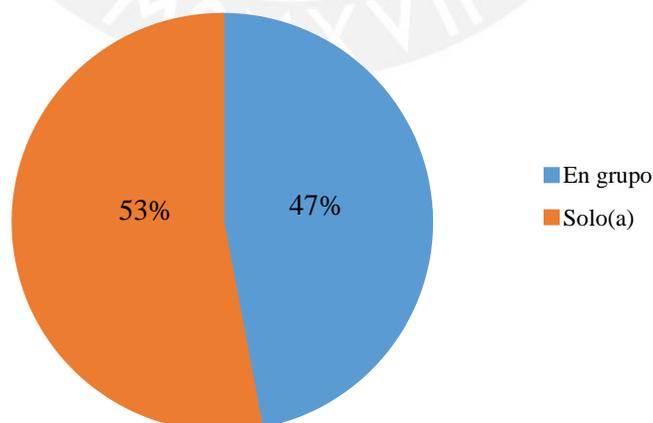
Cantidad de personas con las que el usuario se dirige a rendir sus exámenes



Nota. Elaboración Propia

Figura 14

Manera en que los usuarios se dirigen a sus aulas (Solos/en Grupo)



Nota. Elaboración Propia

De las personas que respondieron que iban en grupo fue necesario identificar la cantidad que conforman cada grupo. En la figura 14, el 13% indicó que iban acompañados de una persona (Grupo de 2), el 36% se desplazaba con 2 (Grupo de 3), el 38% de tres (Grupo de 4) y el 13% de 4 a más personas (Grupo de 5 a más). De igual forma, es necesario determinar el espacio promedio que necesita cada peatón o grupo de peatones para desplazarse a las aulas. Para ello, se emplea la tabla 12, en el cual se tiene el ancho y largo de cada grupo que servirán para modelar en el programa VissWalk.

Tabla 12

Dimensiones del peatón según el tipo y agrupación

Tipo de peatón	Largo (m)	Ancho (m)	Área (m²)
Peatón promedio	0.6	0.45	0.27
Grupo de 2	1.4	0.45	0.63
Grupo de 3	1.8	0.45	0.81
Grupo de 4	2.4	0.45	1.08
Grupo de 5 a más	3.0	0.45	1.35

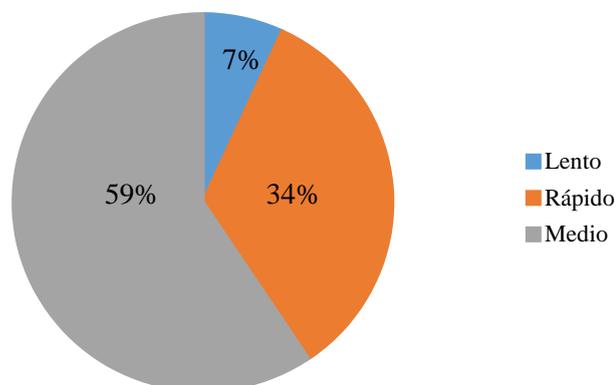
Nota. Adaptado del artículo Microsimulación peatonal en ambientes universitarios por el Ing. Félix Cabrera (s.f.)

Fuente: Propia

Por otro lado, para el caso de la velocidad se preguntó a los estudiantes al momento de desplazarse hacia las aulas como era su ritmo de caminata. Del total de encuestados, el 59% indicó tener una velocidad de desplazamiento promedio, el 34% una celeridad rápida mientras que el 7% señaló presentar una velocidad lenta como se muestra en la figura

Figura 15

Velocidad promedio de los peatones al caminar en el Pabellón A



Nota. Elaboración Propia

Sin embargo, estas respuestas son datos cualitativos por lo que es necesario emplear un estudio sobre velocidades en universitarios para conocer qué valor numérico emplear para el tipo de velocidad según el grupo de desplazamiento. Para ello, se empleó el estudio de microsimulación de peatones en ambientes universitarios realizado por el ingeniero Félix Cabrera. En la tabla 13, se muestra el valor de la velocidad según el tipo de peatón.

Tabla 13

Velocidad estándar según el tipo de peatón

Descripción	Velocidad media (m/s)	Desviación estándar (m/s)
Todos los peatones	1.14	0.27
Hombre solo	1.28	0.22
Mujer sola	1.24	0.23
Grupo con 2 integrantes	1.15	0.13
Grupo con 3 integrantes	0.98	0.21
Grupo con 4 integrantes	0.81	0.09
Grupo con 5 integrantes	0.79	0.09
Grupo con 6 integrantes	0.56	0.04

Nota. Adaptado de Micro simulación de peatones en ambientes universitarios

Fuente: Cabrera et al. (s.f.)

CAPITULO 5. MODELACIÓN DE PROPUESTAS

5.1 Elaboración del modelo

5.1.1 Levantamiento geométrico

El modelo para cada propuesta fue realizado a través de una microsimulación en el programa Vissim 8.0, para optimizar tiempos los planos del pabellón A brindados por el departamento de infraestructura de la PUCP fueron redibujados en AutoCAD considerando las estructuras más importantes para esta investigación, las cuales fueron: salones, escaleras, pasillos, baños y puertas.

Figura 16

Planos en planta del pabellón A



Nota. Adaptado de Planos del Pabellón A - PUCP proporcionado por el área de Infraestructura de la PUCP (2021)

Estos archivos fueron exportados al programa de Vissim, en el cual se consideró como obstáculos a los muros, parapetos, máquinas expendedoras, bebederos, mobiliario en general, etc. Esto con la finalidad de evitar que los usuarios al desplazarse por el pabellón eviten cruzar o pasar por encima de ellos. En AutoCAD fue necesario colocar cada elemento por capas, pues, el programa Vissim reconoce estas capas y te permite colocar una altura adecuada para cada elemento. En la tabla 14, se visualiza las alturas consideradas por cada obstáculo.

Tabla 14

Altura de los obstáculos existentes dentro del Pabellón A

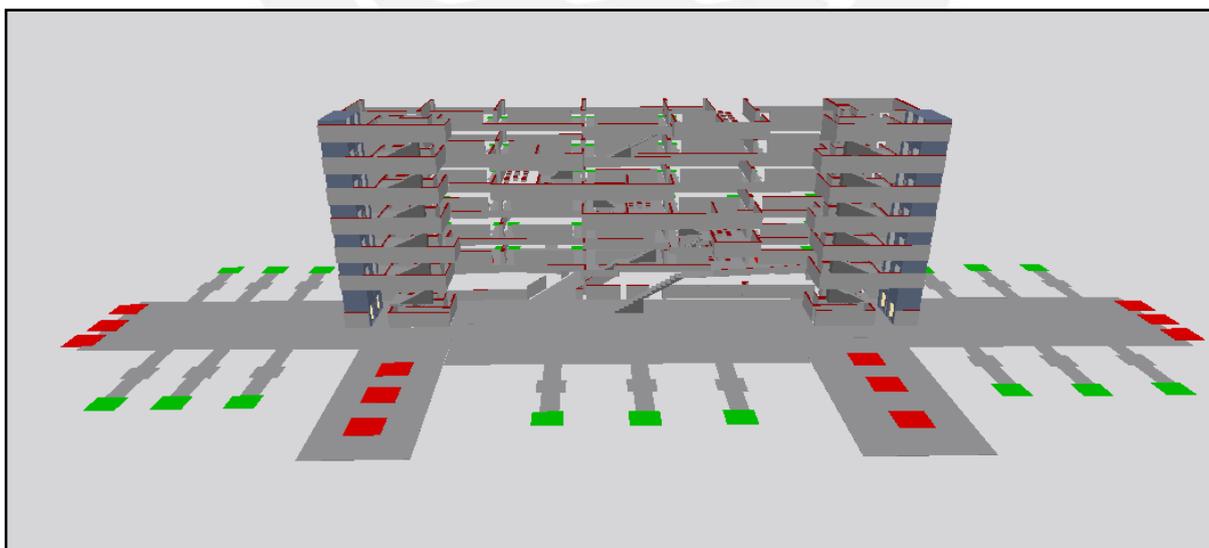
Elemento	Altura (m)
Asientos	0.3
Mesas	0.5
Parapetos	0.9
Muros	2.0
Expendedora	1.0
Bebedero	0.5

Nota. Adaptado de Planos del Pabellón A – PUCP proporcionado por el área de Infraestructura de la PUCP (2021)

Con el comando LINKS se contorneó las dimensiones del pasillo, esto con la finalidad de poder utilizar el Visvap y generar funciones lógicas con los detectores colocados cada cierta distancia, lo cual ayudará a medir el número de interacciones de las personas que pasen por cada detector, generando una matriz con la cantidad de personas. En la figura 17 se muestra el pabellón A modelado con todos los puntos de acceso y salida de este.

Figura 17

Modelo en 3D del Pabellón A de la PUCP



Nota. Adaptado de Planos del Pabellón A – PUCP proporcionado por el área de Infraestructura de la PUCP (2021)

5.1.2 Caracterización peatonal de usuarios

Una vez definida la selección de pisos a usar por cada propuesta, se elige la cantidad y distribución de salones que se usarán para la salida y entrada de alumnos. Asimismo, para una mejor visualización de los usuarios del pabellón A se les asigna un color de para cada piso como se detalla en la tabla 15. Para cada caso de usuario se agrega un modelo de representación de un varón y mujer en 3D por tipo, por ejemplo, para el caso de estudiantes se tendrá en la composición jóvenes y señoritas con distintas características físicas como se muestra en la figura 18.

Tabla 15

Clasificación de los usuarios según colores por piso

Piso	Color
Segundo piso	Celeste
Tercer piso	Verde
Cuarto piso	Amarillo
Quinto piso	Anaranjado
Sexto piso	Rojo
Séptimo piso	Morado

Nota. Elaboración propia

Para la simulación, se usa por defecto el modelo 3D del peatón del programa, pero la diferencia radica en las dimensiones (largo y ancho como se menciona en la tabla 12), comportamiento y velocidad deseadas de cada grupo como se menciona en la figura 18. Esto representa una limitación, ya que, si bien el ancho de estos tipos de peatones se puede modificar, el área de influencia no es la misma. Sin embargo, esta opción no se puede incorporar al programa VisWalk 2022.

Figura 18*Dimensiones de peatones*

Count	No	Name	Width	Length	Index	File3D	Length	Width	ShaftLen	JointFront	AxleFront	AxleRear	JointRear
23	305	Profesores	0.600	0.480	1	Ped -	0.450	0.600	0.000	0.000	0.000	0.050	0.000
24	306	Profesoras	0.600	0.539	2	Ped -	0.450	0.600	0.000	-0.030	-0.030	0.000	0.000
25	307	Alumnos	0.600	0.450	3	Ped -	0.450	0.600	0.000	-0.024	-0.024	0.000	0.000
26	308	Alumnas	0.600	0.543	4	Ped -	0.450	0.600	0.000	-0.030	0.000	0.050	0.000
27	311	Usuarios pabellon A	1.800	0.653	5	Couple	0.450	1.400	0.000	-0.065	-0.065	0.092	0.000
28	312	Jefes de practica	0.600	0.543	6	Couple	0.450	1.800	0.000	-0.054	-0.054	0.081	0.000

Nota. Adaptado del Programa Vissim – Viswalk (2022)

De igual forma, en función a la figura 5 se incorporan las velocidades de los 3 tipos de usuarios definidos que son alumnos, alumnas y jefes de practica mediante la opción Distribution Speed del programa como se muestra en la figura 19. Para el caso de los jefes de práctica, se les asume la velocidad de los alumnos. Asimismo, se define la composición de alumnos, alumnas, jefes de práctica y profesores como se detalla en la figura 20.

Figura 19*Velocidad para alumnos, alumnas y profesores*

Count	No	Name	LowerBound	UpperBound
38	1041	Fruin 2	2.11	6.62
39	1042	Predt-Milinski	0.00	8.10
40	1043	Stairs Kretz 1	0.72	4.68
41	1044	Stairs Kretz 2	0.36	4.14
42	1045	At Airports - S.B. Young	3.30	8.23
43	1046	On Moving Walkways - S.B. Young	0.00	8.23
44	1047	Alumnos	4.61	4.65
45	1048	Alumnas	4.46	4.50
46	1049	Profesores	4.10	4.15

Nota. Adaptado del Programa Vissim – Viswalk (2022)

Figura 20*Composición peatonal*

Count	No	Name	PedType	DesSpeedDistr	RelFlow
1	1	Pedestrians	310; Alumnos	1047; Hombres	60.000
2	11	Commuters at a station	320; Alumnas	1048; Mujeres	20.000
3	21	International Maritime Organization MSC/Circ. 12	330; Profesores	1049; Profesor	10.000
4	22	Usuarios pabellon A	340; Jefes de practica	1050; Jefes de	10.000

Nota. Adaptado del Programa Vissim – Viswalk (2022)

Posteriormente, para el descenso y ascenso de usuarios al pabellón A se presenta dos opciones: escaleras y ascensores. En el caso de las escaleras se seleccionan en base a la cercanía de las aulas y se distinguen como: CIA, CEPRE y entrada central. Los ascensores son empleados por todos y su uso se basa en los flujos peatonales que se detallan a mayor profundidad en el apartado de Matriz origen- destino para cada propuesta.

5.1.3 Propuesta de aforo

En semana de exámenes, existe una cierta separación entre estudiantes para que haya una correcta vigilancia y se evite todo tipo de plagio. Basándonos en una situación normalizada, como estudiantes se puede observar que al momento de rendir exámenes se conservaba una separación de por lo menos el ancho de la silla entre los estudiantes. En cada propuesta, se tomará en cuenta la situación de la pandemia con el distanciamiento social y esta separación ya existente de los estudiantes al momento de rendir un examen. Para ello, se propone que en las aulas que presenten un aforo de 62 personas se reduzca a 20 personas por salón ubicadas estratégicamente como se muestra en la figura 21 y en las aulas que presentaban un aforo de 32 personas se reduce a 10 personas. Esta cantidad de personas abarca a los estudiantes que rinden examen, muy aparte de ello se considera la vigilancia de 2 jefes de práctica por aula.

Figura 21

Aforo de aulas Propuesta 1



Nota. Adaptado de Itinerario de Aulas proporcionado por el área de Infraestructura de la PUCP (2021)

En el caso de los ascensores, el aforo establecido es de 6 personas debido a que el espacio que abarca es amplio. En la figura 22 se muestra la distribución de los usuarios del pabellón A respetando la distancia establecida entre ellas.

Figura 22

Distribución de usuarios dentro del ascensor en el Pabellón A



Nota. Los asteriscos representan la ubicación de cada usuario
Fuente: Propia

5.1.4 Esquematización de entrada y salida de los salones

En cada escenario de mejora se trata de reorganizar la salida y entradas de los alumnos en función de la cercanía de las aulas con las escaleras y ascensores por cada piso seleccionado. Asimismo, para empezar la selección de aulas es importante contar con la cantidad exacta de alumnos, por ello se trabaja un aforo de 20 alumnos en aulas grandes y 10 en las pequeñas. Como se mencionó anteriormente, en este trabajo se trata de maximizar el empleo de todos los salones y pisos, por lo tanto, para las tres propuestas se realiza la simulación para el momento de salida de aulas de las 6:00 pm y salida-entradas a las 6:30 pm. Por tal razón, se emplea en conjunto las herramientas signal control de Vissim para la simulación y series lógicas de Visvap para la distribución y alternancia de aulas.

5.1.4.1 Salida de aulas 6:00 pm

Para representar al grupo de usuarios que se encuentran en las aulas en el intervalo de exámenes de 3 a 6 pm se crea la lógica 1 para retener hasta los 1800 segundos a los 20 alumnos en aulas grandes y 10 en las pequeñas como se muestra en la figura 37 del anexo B. Este método se asocia a un signalcontrol de dos fases; el primero correspondiente a un todo rojo para mostrar a los estudiantes, jefes de prácticas y profesores hasta el termino de las pruebas y segundo a un verde que da pasea la salida de estos. Asimismo, para representar la cantidad exacta de usuarios, se emplea la opción de intervalos de peatones por tiempo, ya que el programa presenta un comportamientoestocástico que permite la salida de personas aun pasado el tiempo establecido en las lógicas. Los intervalos usados fueron de 0-1800, 1800-3600, 3600-4200 y 4200-4800; la cantidad de personas en los dos primeros fue de 20 y 10, respectivamente y en los restantes fue de 0. Luego se emplea una segunda lógica con ocho condicionales asociados a otro signal control de ocho fases en función a detectores colocado en las puertas y ascensores como se indica en la figura 40 del anexo B. Esta condicional facilita el orden de salida de los usuarios de las aulas y que descendan por las escaleras y ascensores más cercanos a los salones. La mayoría de aulas en los pasillos cuentan con dos puertas, por lo que ambas se abren al mismo tiempo, ya que trabajan con la misma fase. El procedimiento de este método es el siguiente: las puertas de los primeros salones en salir se encuentran en la fase 2 y la primera condicional permite que se abran estos y salgan todos. Si los detectores en esas puertas y en los ascensores indican que no hay ningún alumno, entonces se cambia a la siguiente fase y segunda condicional lo que permite la salida de alumnos de las otras puertas restantes. Y así se repite este procedimiento hasta que las aulas se encuentren vacías para que puedan ser limpiadas y usadas por el segundo grupo que rinden examen a las 6: 30 pm.

5.1.4.2 Salida y entrada a las aulas 6:30 pm

El procedimiento de salida de las aulas es similar al del primer horario, pero en este caso se añade el momento de subida de alumnos, alumnas, profesores y jefes de práctica a los salones. En tal sentido, se crea una tercera lógica para retener hasta los 3600 segundos a los 20 alumnos en aulas grandes y 10 alumnos como representación de la cantidad de personas que salen de rendir exámenes en el horario de 3:30 a 6:30 como se detalla en la figura 38 del anexo B. Los intervalos usados fueron de 0-1800, 1800-3600, 3600-4200 y 4200-4800; en los dos primeros la cantidad de personas fue de 20 y en los últimos 0. Luego se emplea una cuarta lógica con ocho condicionales asociados a un signal control de ocho fases en función a detectores colocado en las puertas como se muestra en la figura 40 del anexo B. Esta presenta el mismo procedimiento como se detalló para la segunda lógica. Terminado el descenso de los usuarios del pabellón, se emplea una quinta lógica para representar el ascenso del segundo grupo hacia las aulas empleadas en primer turno. En este caso, se retiene hasta el segundo 4200 a la cantidad de personas que ingresan a las aulas seleccionadas en las zonas de acceso del primer piso como se detalla en la figura 39 del anexo B. Por último, para representar la subida de estos se crea una sexta lógica como se indica en la figura 41 del anexo B. La cantidad de fases y condicionales está en función a la propuesta. Sin embargo, el procedimiento es similar para todas, solo difieren en el uso de los pisos y aulas. El método consistente en que los usuarios empleen primero los salones de los pisos más cercanos y luego los pisos lejanos seleccionados, por ello se colocaron tres zonas de acceso para cada piso cercanas a las escaleras y ascensores identificadas como CIA, CEPRE y escalera central. Asimismo, las puertas de todos los pasillos cuentan con un propio detector asociados a una misma fase similar al funcionamiento de un sensor, es decir si una puerta detecta una persona todas se abren al mismo tiempo y caso contrario si no identifica a ninguna persona todas se cierran a la vez. Las zonas del primer piso en ascender se encuentran en la fase 2 y la primera condicional permite que salgan estos después de haber identificado que el pabellón A este vacío. Si los detectores identifican a un alumno en ese piso, entonces las puertas se abren y al mismo tiempo cambia de fase para que puedan subir los del siguiente

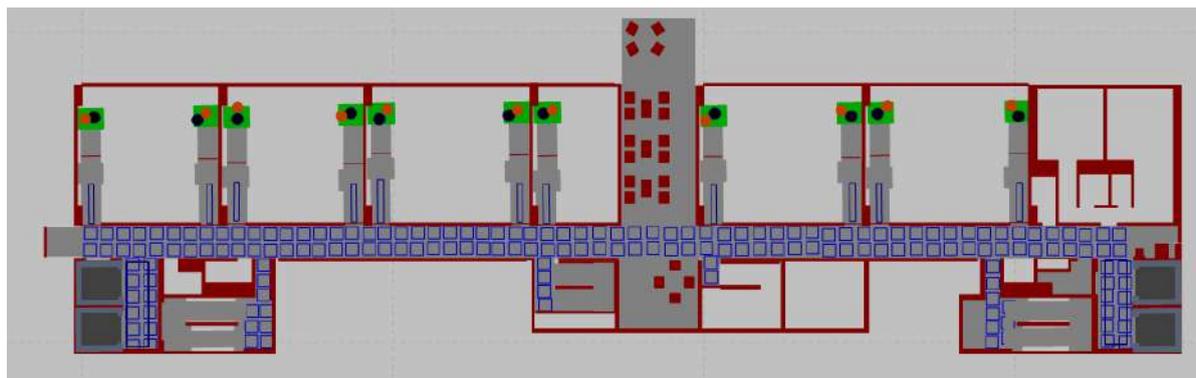
grupo a un nivel superior. Y así se repite este procedimiento hasta que se ocupen todas las aulas.

5.1.5 Simulación y medición de interacciones

En la simulación de ambas propuestas se realiza un total de 5 corridas para ambas considerando un tiempo de warm up de 600 segundos, teniendo un tiempo de simulación de 4800 segundos. La toma de datos es cada 3 segundos para los intervalos de tiempo de 1800-3600 y 3600-4800 que representa los tiempos de la primera y segunda hora de examen, respectivamente. Debido a que no se cuenta con datos reales para calibrar y validar los modelos se trabaja con los parámetros de Fuerza Social por defecto que brinda el programa.

Figura 23

Detectores ubicados en el Piso 4



Nota. Adaptado del Programa Vissim – Viswalk (2022)

Para medir las interacciones se ubican sectores en los pasillos, zonas de entradas a las escaleras y ascensores mediante la herramienta sections como se muestra en la figura 23. La herramienta de recolección de datos empleada es la de Área measurements que permite obtener información acerca del número de peatones, densidades y velocidades, de la cuales se emplea la primera variable para este trabajo de investigación que permite contar la máxima cantidad de personas que pasaron por ese punto por cada intervalo de 3 segundos. Se han ubicado en total 1224 sectores en todo el pabellón, distribuidas para cada piso como se muestra en la tabla.

Tabla 16*Sectores ubicados en todos los pisos*

Piso	Sectores	Total
Primer piso	1-160	160
Segundo piso	161-350	190
Tercer piso	351-528	178
Cuarto piso	529-700	172
Quinto piso	701-877	177
Sexto piso	878-1053	176
Séptimo piso	1054-1224	171

Nota. Adaptado del Programa Vissim – Viswalk (2022)

5.2 Propuestas de mejora

En las tres propuestas de mejora se elige la que presente un menor número de interacción entre usuarios. Estas tres deberán cumplir estos requisitos para poder compararlas. Primero, mediante todas las rutas posibles generadas por la matriz origen-destino y la cantidad de estudiantes matriculados en el ciclo 2021-2 cada propuesta debe brindar una disminución en la cantidad de rutas posibles, en la cual se logre reducir las interacciones en los pasillos al momento de salir y/o entrar a los salones del pabellón A. Segundo, los usuarios deben utilizar los accesos que se encuentren más cercanos a sus aulas, con la finalidad de evitar rutas largas. Tercero, se propone un horario escalonado para ingreso y salida a los salones en cada piso de acuerdo a la ubicación de las aulas. Por último, debido al desfase existente entre ambos horarios de estudio, la media hora existente servirá para que el personal de limpieza realice el proceso de desinfección. En este proceso de desinfección, el personal a cargo con los materiales adecuados (alcohol de 70°, lejía, detergente, etc.) se encargará de desinfectar todo área que estuvo en contacto con los estudiantes y usuarios.

PROCESO DE DESINFECCIÓN EN AULAS:

- **Mobiliario:** Las sillas, mesas y pizarras serán desinfectadas por el equipo de limpieza con hipoclorito de sodio y agua estos lugares. Para ello, será necesario adquirir los materiales adecuados de limpieza, y los paños utilizados para la limpieza no sean reutilizados en otros salones. También se desecharán todos los residuos contenidos en los tachos de basura acumulados durante el proceso del examen.
- **Puertas:** Las manijas de la puerta son el principal contacto con superficies de uso frecuente, ya que es una zona especialmente expuesta al contacto directo de las manos, pudiendo así ser un punto de contagio entre usuarios. Para ello se propone, que estas sean desinfectadas constantemente y, asimismo, al costado de cada puerta se colocará dispensadores de alcohol en gel para que el usuario haga uso de este antes de entrar a las aulas del pabellón A. Asimismo, 10 minutos antes de ingresar a las aulas el personal encargado dejara las puertas totalmente abiertas, para que los usuarios al ingresar eviten superficies contaminadas.
- **Ventilación:** La ventilación de las aulas es una de las medidas esenciales para evitar la propagación del virus en los recintos. El tener una buena ventilación, es decir, la cantidad de aire externo que ingresa a las aulas ayuda a reducir la concentración de contaminantes que se encuentran presentes en el aire, en este caso el virus en espacios cerrados. Para ello, es importante que se mantenga la ventilación cruzada en todo momento, las ventanas se deben mantener abiertas de par en par para evitar las altas concentraciones de CO₂ expulsadas por cada usuario y con ello evitar el aumento de contagio de enfermedades por vía respiratoria.

Es importante mencionar, que las zonas comunes como terrazas se encontrarán inhabilitadas para así evitar que sea un punto afluente de reunión entre personas. En todas las propuestas

adicionalmente, se plantea una modificación en el mobiliario del Pabellón con la finalidad de que los estudiantes eviten todo tipo de contacto entre ellos.

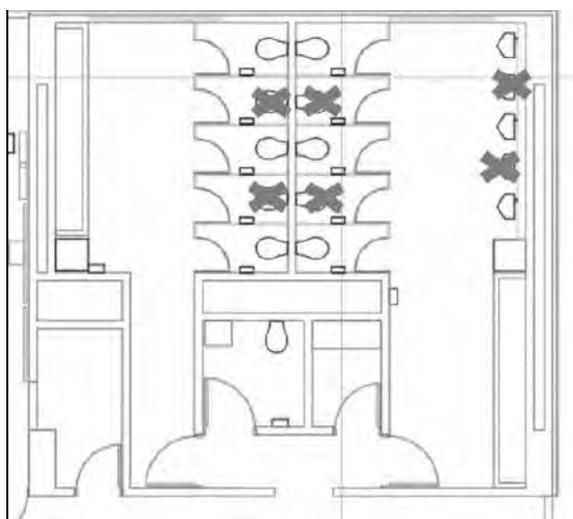
USO DE SERVICIOS HIGIENICOS:

Todos los usuarios presentan necesidades fisiológicas, por lo que es necesario contar con un plan adecuado para el uso de servicios higiénicos. Este plan, resultará el mismo para todas las propuestas. En la puerta principal, se colocará un equipo de desinfección para realizar un cronograma para una rutina de limpieza. En cada piso, se cuenta con un baño para damas, un baño para hombres y un baño para personas discapacitadas. El modo de empleo será el siguiente:

- Los baños tanto para damas y para varones, serán usados de manera intercalada para evitar todo tipo de contagio de enfermedades por vía respiratoria y respetar el distanciamiento físico entre usuarios. Lo mismo sucederá con los lavatorios y los urinarios de los baños de los varones.
- El baño para personas discapacitadas, al ser un ambiente personal será utilizado desde la misma manera que siempre.

Figura 24

Uso de SSHH en cada piso del Pabellón A



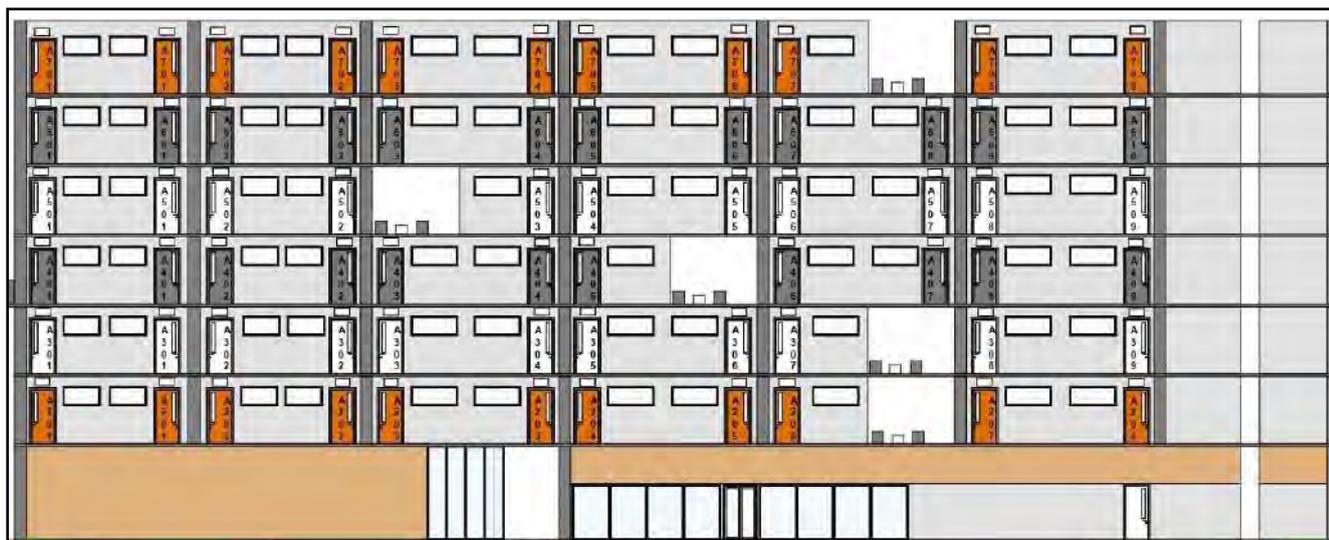
Nota. Adaptado de planos del pabellón A proporcionado por el área de Infraestructura de la PUCP (2021)

5.2.1 Propuesta de mejora 1

En esta propuesta se emplea dos pisos de manera simultánea para el descenso de los usuarios para ambos horarios de exámenes. Es decir, estudiantes y profesores de los pisos 2 y 7 descienden primero, luego lo hacen los del piso 4 y 6 y al término los del 3 y 5. Para una mejor visualización en la figura 27 se representa al primer grupo por medio de las puertas sombreadas de color marrón, al segundo de plomo y al tercero de blanco. Los salones cuentan dos puertas, cada una de ellas está asociada a una misma fase que representa el orden de salida. En cada piso, se utilizan dos fases. El piso 2 y 7 está representado por la fase 2, 3 y 4, el piso 4 y 6; por la fase 5 y 6 y, por último, el piso 3 y 5; por la fase 7 y 8. Los usuarios del piso 7 tienen una mayor prioridad a usar los ascensores a diferencia a los del piso 2 que usan en su mayoría las escaleras, por lo que se añade una fase para representar esto. El inicio del descenso ocurre en la fase 2 que está asociada a los salones seleccionados ubicados en la parte de los extremos del piso 7 para que los usuarios tengan prioridad con los ascensores y escaleras debido a la lejanía con el piso 1. Terminada esta fase cuando no se detecta personas en los salones y entradas de los ascensores, se procede al cambio a la fase 3 y fase 4 para el descenso del resto de aulas que quedan de los pisos 7 y 2, respectivamente. Luego se repite este proceso para el resto de pisos de manera ordenada en función al orden de salida pro cada fase establecida en esta propuesta. En el caso del último grupo (3 y 5), la salida por los primeros salones es por los ascensores y escaleras, mientras que para los últimos es por medio solo de las escaleras para maximizar el tiempo del descenso. Todo este proceso se detalla en el diagrama de fases y rutas que se detalla en la figura 29. En el de caso de subida a los salones de las 6:30 pm, los usuarios lo harán desde el segundo piso hace el último piso de manera ordenada como se explicó anteriormente mediante las lógicas. Este grupo de alumnos, jefes de practica y profesores emplean las aulas que se usaron en la primera hora, después de pasar por todos los protocolos de desinfección. En los pasillos se aplicará un flujo bidireccional para los salones del medio, puesto que cuando se dirijan hacia los ascensores tienden a cruzarse con las otras personas.

Figura 25

Representación de pisos seleccionados para la propuesta 1 en una vista de elevación



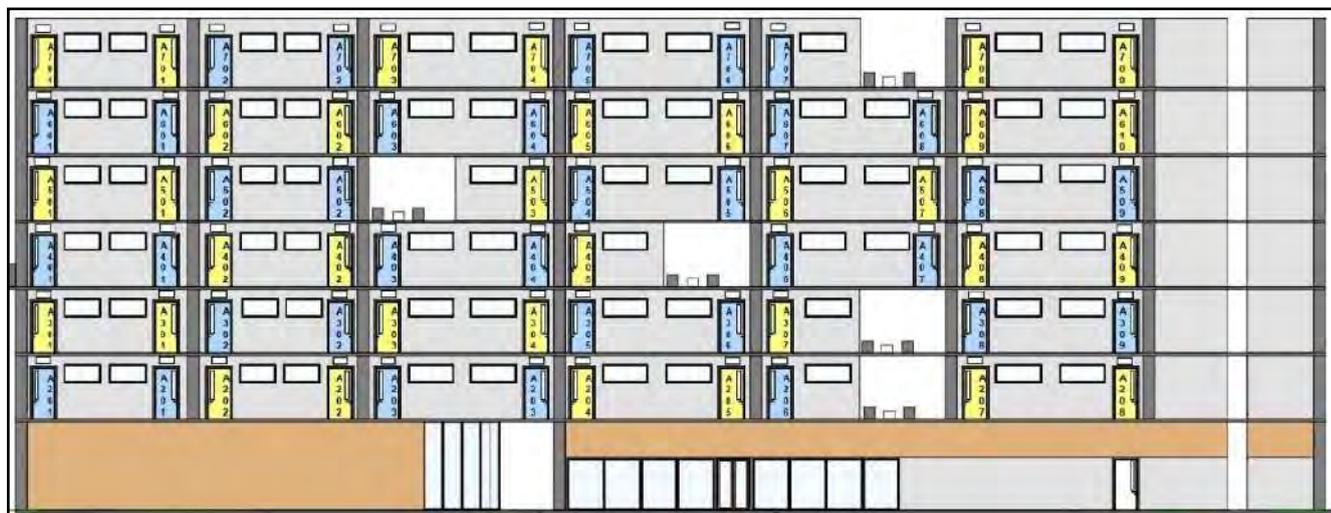
Nota. Elaboración propia

5.2.1.1 Reorganización de aulas

La propuesta planteada tiene como finalidad maximizar el uso de salones debido a la cantidad de estudiantes con la que cuenta la facultad de Ciencias e Ingeniería. En esta primera propuesta, de las 6 aulas seleccionada por piso, se usan la mitad de forma intercalada para la primera hora y el resto para la segunda. Por ejemplo, Los alumnos que rindan examen de 3:00 a 6:00 pm utilizarán las aulas A202, A204-A205 y A207-A208. Transcurrida la media hora, es decir a las 3:30 pm, ingresan los estudiantes a rendir examen en las aulas A201, A203 y A206. Como se muestra en la imagen, los salones del primer turno están pintados de amarillo y los del segundo turno de azul. La hora crítica de interacción se dará a las 6:30 pm, pues a esa hora salen los alumnos mencionados anteriormente, y a su vez ingresan otros a los salones que se encontraban vacíos en ese instante.

Figura 26

Selección de aulas para el descenso para hora de estudio



Nota. Elaboración propia

5.2.1.2 Establecimiento de rutas

Con el aforo establecido de estudiantes, se procede a determinar las rutas específicas para la salida y entrada de los estudiantes de acuerdo a los salones en los que rendirán exámenes. En la imagen 29, se presenta el diagrama para ambos horarios, las líneas anaranjadas pertenecen al primero y las celestes al segundo. Para ello se propone lo siguiente:

Horario de examen: 3:00 – 6:00 pm

- Los estudiantes que dan examen en el 202, 301, 402, 501, 602 y 701 salen e ingresan por la escalera que se ubica al costado de la Biblioteca de Innovación Académica.
- Los estudiantes que dan examen en el 204-205, 303-304, 405, 503, 605-606 y 703-704 salen e ingresan por la escalera ubicada en el centro del pabellón.
- Los que rindan examen en el 207-208, 307, 408-409, 506-507, 609-610 y 708-709 salen e ingresan por la escalera que se encuentra al costado de CeprePUC.

Horario de examen: 3:30 – 6:30 pm

- Los estudiantes que rinden examen en el aula 201, 302, 401, 502, 601 y 702 se desplazan por la escalera ubicada al costado de la biblioteca CIA.
- Los que rinden examen en el 203, 305-306, 403-404, 504-505, 603-604, 705-706 se desplazan por la escalera central del pabellón A.
- Los que rinden examen en el aula 206, 308-309, 406-407, 508-509, 607-608 y 707 se desplazan por la escalera ubicada al costado de CeprePUCP.

5.2.1.3 Matriz origen – destino

Después de haber definido las rutas de salidas y entradas para estudiantes y profesores al pabellón A, el siguiente paso es delimitar la capacidad de usuarios por salones y en los puntos de acceso del primer nivel. De igual modo, se emplea la siguiente matriz en el que se indica el volumen de usuarios en función a la distribución de salida y entrada desde y hacia las aulas respectivamente como se explicó en el acápite anterior. La tabla 16 hace a referencia a la primera a la hora de salida de las 6, mientras las tablas 17 y 18 al horario de salida e ingreso de las 6:30, respectivamente.

Tabla 17

Origen/Destino primer horario de exámenes

O/D		Puntos de llegada				
Salones/ Puntos Acceso	Aforo	ESCALERAS			ASCENSORES	
		Zona CIA	Zona MEDIO	Zona CEPRE	Ascensor CIA	Ascensor CEPRE
A202	20	16	-	-	4	-
A204-A205	20	-	20	-	-	-
A207-A208	20	-	-	16	-	4
A301	20	14	-	-	6	-
A303-A304	20	-	20	-	-	-
A307	20	-	-	14	-	6
A402	20	12	-	-	8	-
A405	20	-	12	-	4	4
A408-A409	20	-	-	12	-	8

A501	20	10	-	-	10	-
A503	10	-	6	-	2	2
A506-A507	20	-	-	10	-	10
A602	20	10	-	-	10	-
A605-A606	20	-	10	-	5	5
A609-A610	20	-	-	10	-	10
A701	20	10	-	-	10	-
A703-A704	20	-	8	-	6	6
A708-A709	20	-	-	10	-	10

Nota. Adaptado de itinerario de aulas proporcionado por el área de Infraestructura de la PUCP (2021)

Tabla 18

Origen/Destino para la salida de las 6:30 pm

O/D		Puntos de llegada				
Salones/ Puntos Acceso	Aforo	ESCALERAS			ASCENSORES	
		Zona CIA	Zona MEDIO	Zona CEPRE	Ascensor CIA	Ascensor CEPRE
A201	20	16	-	-	4	-
A203	20	-	20	-	-	-
A206	10	-	-	8	-	2
A302	20	14	-	-	6	-
A305-A306	20	-	20	-	-	-
A308-A309	20	-	-	14	-	6
A401	20	12	-	-	8	-
A403-A404	20	-	12	-	4	4
A406-A407	20	-	-	12	-	8
A502	20	10	-	-	10	-
A504-A505	20	-	12	-	4	4
A508-A509	20	-	-	10	-	10
A601	20	10	-	-	10	-
A603-A604	20	-	10	-	5	5
A607-A608	20	-	-	10	-	10
A702	20	10	-	-	10	-
A705-A706	20	-	8	-	6	6
A707	10	-	-	5	-	5

Nota. Adaptado de itinerario de aulas proporcionado por el área de Infraestructura de la PUCP (2021)

Tabla 19*Origen/Destino para la entrada de las 6:30 pm*

O/D	Salones de Llegada																	
Puntos de Acceso	A202	A204-A205	A207-A208	A301	A303-A304	A307	A402	A405	A408-A409	A501	A503	A506-A507	A602	A605-A606	A609-A610	A701	A703-A704	A708-A709
Aforo	20	20	20	20	20	10	20	10	20	20	10	20	20	20	20	20	20	20
Escalera CIA	16	-	-	14	-	-	12	-	-	10	-	-	8	-	-	8	-	-
Escalera MEDIO	-	14	-	-	14	-	-	4	-	-	4	-	-	8	-	-	8	-
Escalera CEPRE	-	-	16	-	-	6	-	-	12	-	-	10	-	-	8	-	-	8
Ascensor CIA	2	3	2	3	3	2	4	3	4	5	3	5	6	6	6	6	6	6
Ascensor CEPRE	2	3	2	3	3	2	4	3	4	5	3	5	6	6	6	6	6	6

Nota. Adaptado de itinerario de aulas proporcionado por el área de Infraestructura de la PUCP (2021)

Figura 27

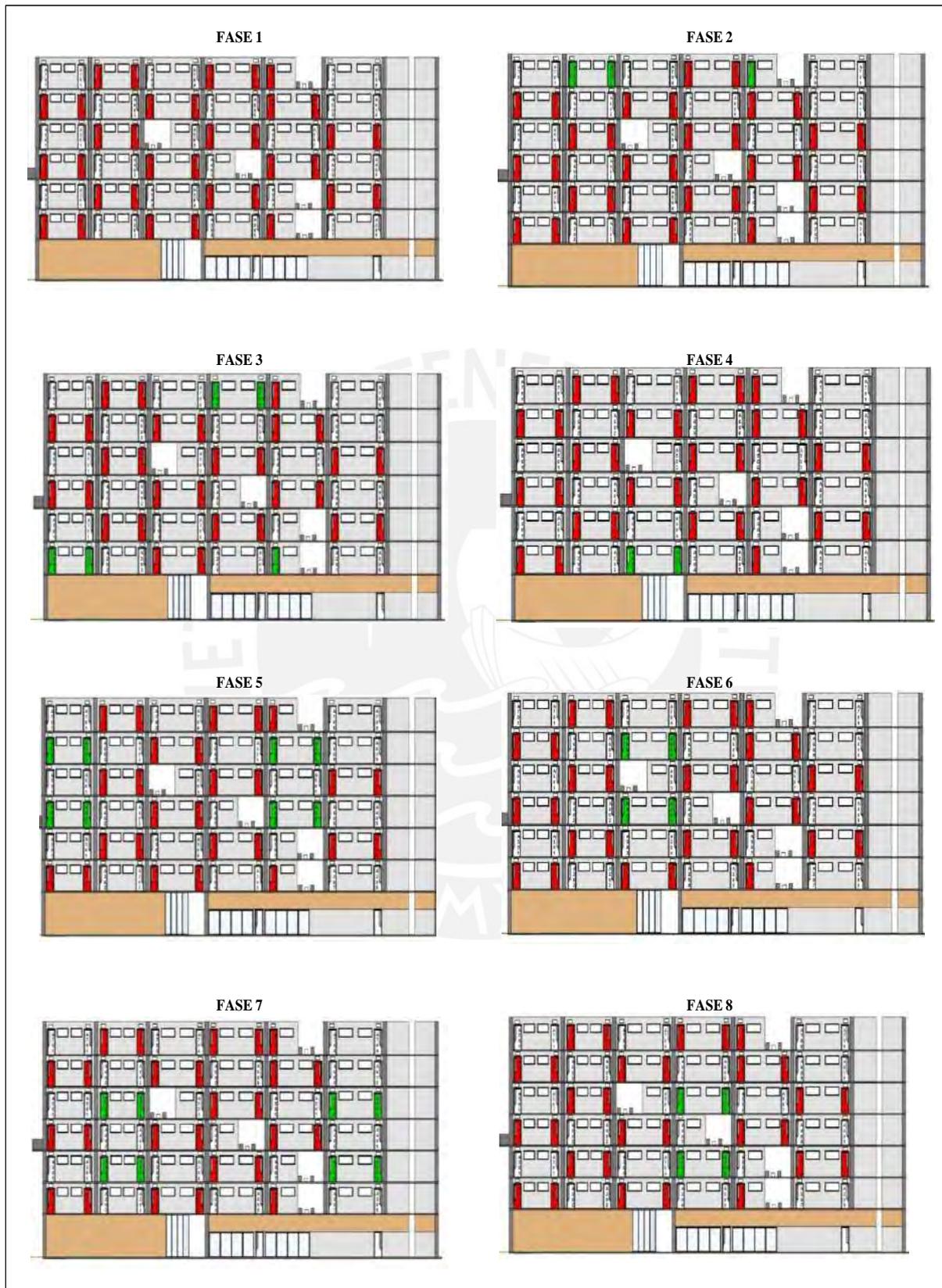
Diagrama de fases para la salida de usuarios a las 6:30 pm



Nota. Elaboración propia

Figura 28

Diagrama de fases para la salida de usuarios a las 6:30 pm



Nota. Elaboración propia

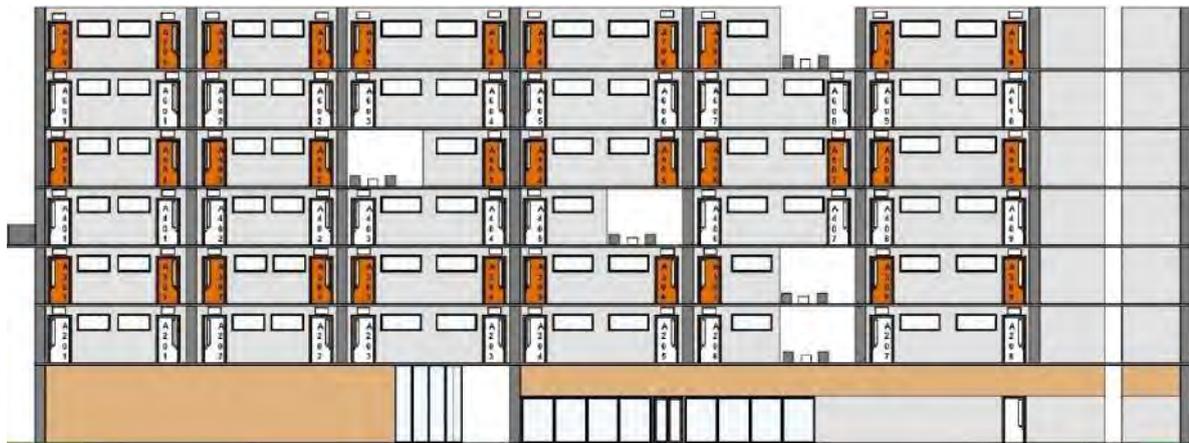
5.2.2 Propuesta de mejora 2

En esta propuesta se emplea tres pisos de manera simultánea para el descenso de los usuarios en ambas horas de estudios. Es decir, estudiantes y profesores de los pisos 3, 5 y 7 descienden primero, y al término lo hacen los del 2, 4 y 6. Los salones cuentan dos puertas, cada una de ellas está asociada a una misma fase, que representa el orden de salida. En cada piso, se utilizan dos fases. Sin embargo, en el caso de la primera selección, los usuarios del piso 7 y 5 tienen una mayor prioridad a usar los ascensores a diferencia a los del piso 3 que usan en su mayoría las escaleras, por lo que se añade una fase para representar esto. Por lo que la distribución de fase es la siguiente: pisos 3, 5 y 7 (fases 2, 3 y 4) y 2, 4 y 6 (fases 5 y 6). El inicio del descenso empieza por la fase 2 en los salones ubicados en la parte externa de los pisos superiores 7 y 5 para que los usuarios tengan prioridad con los ascensores y escaleras más próximos. En este mismo instante, las personas del salón del medio del piso 3 empiezan el descenso, lo que permite un mejor flujo por la escalera central. Terminada esta fase cuando no se detecta personas en los salones y zonas de acceso de los ascensores, se procede al cambio a la fase 3 y fase 4 para el descenso del otro grupo que queda de los pisos 7, 5 y 3. En el caso del tercer piso, la salida por la primera puerta es por los ascensores y escaleras, mientras que para la segunda puerta es por medio solo de las escaleras para maximizar el tiempo del descenso. Seguidamente, se repite todo este proceso para el resto de pisos en función al orden establecido para esta propuesta. Para representar la agrupación de piso de esta propuesta, las puertas del primer grupo se colorean de color marrón y del segundo de blanco como se detalla en la imagen 31. En el caso de subida a los salones de las 6:30 pm, los usuarios lo harán desde el segundo piso hacia el último piso de manera ordenada como se explicó anteriormente mediante las lógicas. Este grupo de alumnos, jefes de práctica y profesores emplearán las aulas que se usaron en la primera hora, después de pasar por todos los protocolos de desinfección. En los pasillos se aplicará un flujo bidireccional para los salones del medio, puesto que cuando se dirijan hacia

los ascensores tienden a cruzarse con las otras personas. El diagrama de fases se encuentra en el anexo D.

Figura 29

Representación de pisos seleccionados para la propuesta 2 en una vista de elevación



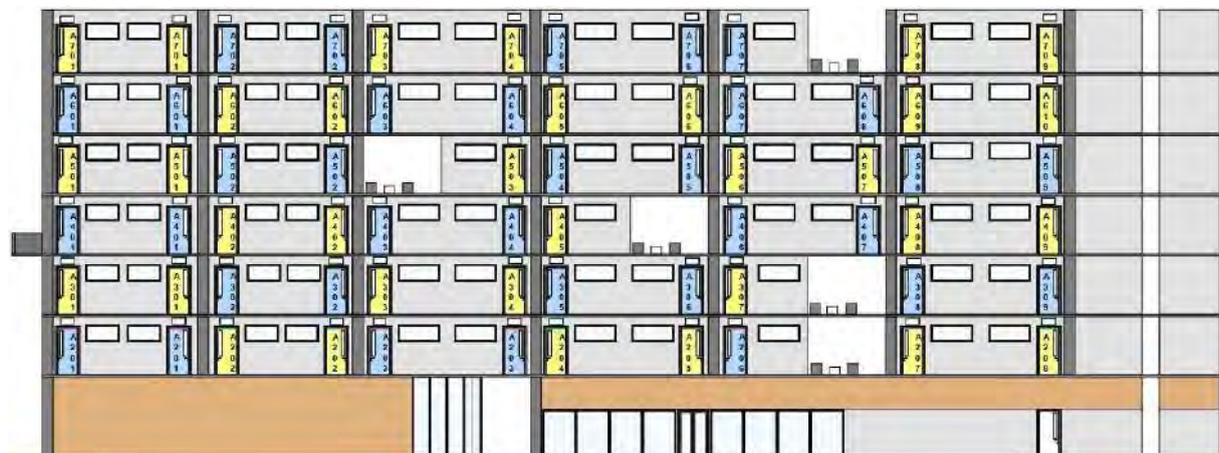
Nota. Elaboración propia

5.2.2.1 Reorganización de aulas

En esta propuesta, de las 6 aulas seleccionada por piso, se usan la mitad de forma intercalada para la primera hora y el resto para la segunda. Por ejemplo, Los alumnos que rindan examen de 3:00 a 6:00 pm utilizarán las aulas A202, A204-A205 y A207-A208. Transcurrida la media hora, es decir a las 3:30 pm, ingresan los estudiantes a rendir examen en las aulas A201, A203 y A206. Como se muestra en la imagen, los salones del primer turno están pintados de amarillo y los del segundo turno de azul.

Figura 30

Selección de aulas para el descenso para hora de estudio.



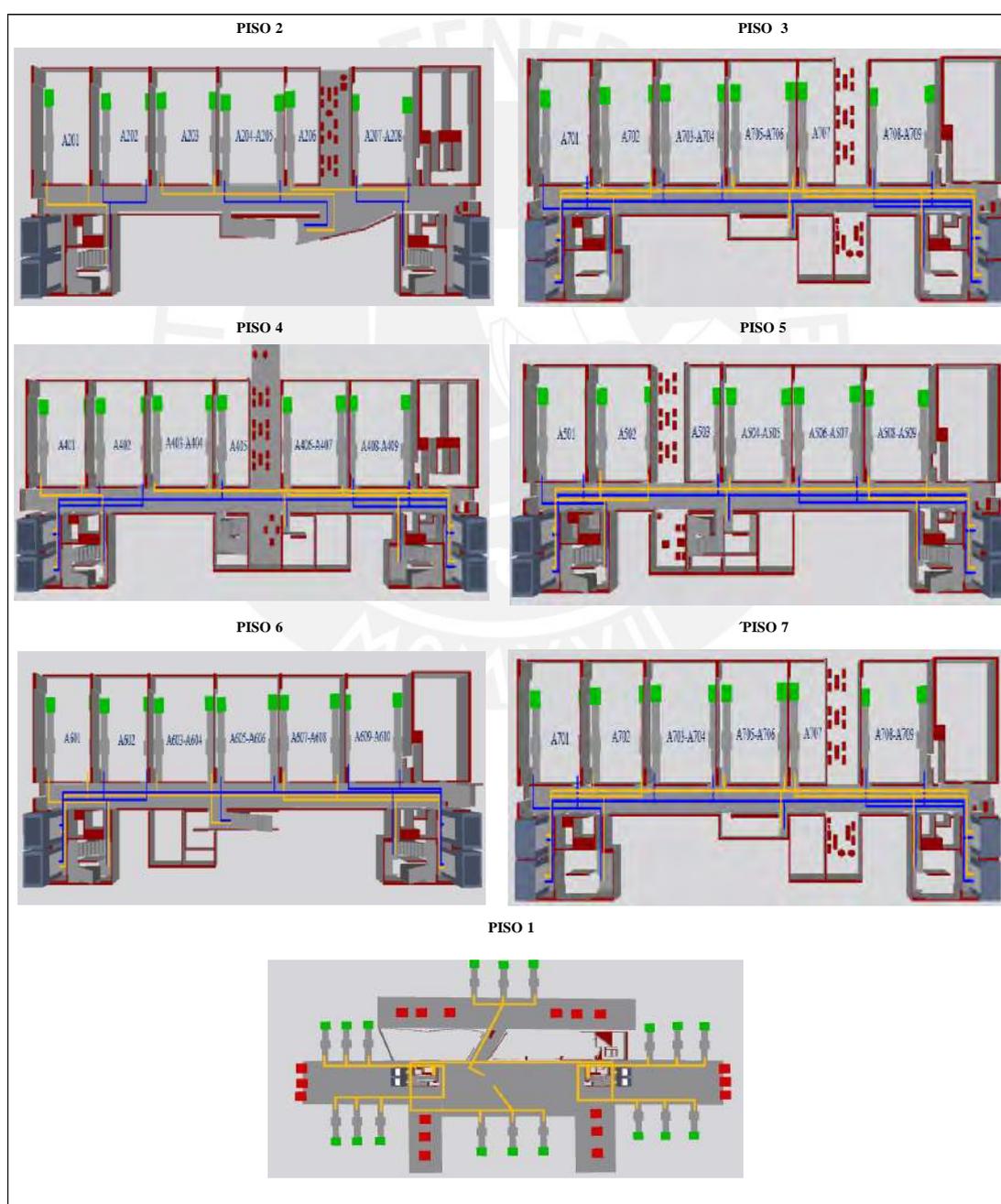
Nota. Elaboración propia

5.2.2.2 Establecimiento de rutas

Las rutas propuestas que utilizan los usuarios para entrada y salida del pabellón de acuerdo a que tan cercano se encuentre el salón son similares al de la propuesta 1. En la imagen 29, se presenta el diagrama para ambos horarios y propuestas, por medio de las líneas azules y amarillas, respectivamente.

Figura 31

Diagrama de rutas para ambos escenarios (3-6 pm y 3:30 – 6:30 pm)



Nota. Elaboración propia

5.2.1.3 Matriz origen – destino

Después de haber definido las rutas de salidas y entradas para estudiantes y profesores al pabellón A, el siguiente paso es conocer la cantidad personas en los salones y puntos de acceso. Por ello, se emplea la siguiente matriz en el que se indica el volumen de usuarios en función a la distribución de salida y entrada desde y hacia las aulas respectivamente como se explicó en el acápite anterior. Los recuadros de color celeste hacen referencia a la primera a la hora de salida de las 6, el color verde a las 6:30 y amarillo al ingreso en ese horario.

Tabla 20

Origen/Destino primer horario de exámenes

Salones/ Puntos Acceso	Aforo	Puntos de llegada				
		ESCALERAS			ASCENSORES	
		Zona CIA	Zona MEDIO	Zona CEPRE	Ascensor CIA	Ascensor CEPRE
A202	20	18	-	-	2	-
A204-A205	20	-	20	-	-	-
A207-A208	20	-	-	18	-	2
A301	20	14	-	-	6	-
A303-A304	20	-	20	-	-	-
A307	10	-	-	6	-	4
A402	20	12	-	-	8	-
A405	10	-	6	-	2	2
A408-A409	20	-	-	12	-	8
A501	20	10	-	-	10	-
A503	10	-	6	-	2	2
A506-A507	20	-	-	10	-	10
A602	20	10	-	-	10	-
A605-A606	20	-	10	-	5	5
A609-A610	20	-	-	10	-	10
A701	20	10	-	-	10	-
A703-A704	20	-	8	-	6	6
A708-A709	20	-	-	10	-	10

Nota. Adaptado de itinerario de aulas proporcionado por el área de Infraestructura de la PUCP (2021)

Tabla 21*Origen/Destino para la salida de la 6:30 pm*

O/D		Puntos de llegada				
Salones/ Puntos Acceso	Aforo	ESCALERAS			ASCENSORES	
		Zona CIA	Zona MEDIO	Zona CEPRE	Ascensor CIA	Ascensor CEPRE
A201	20	18	-	-	2	-
A203	20	-	20	-	-	-
A206	10	-	-	8	-	2
A302	20	14	-	-	6	-
A305-A306	20	-	20	-	-	-
A308-A309	20	-	-	14	-	6
A401	20	12	-	-	8	-
A403-A404	20	-	12	-	4	4
A406-A407	20	-	-	12	-	8
A502	20	10	-	-	10	-
A504-A505	20	-	16	-	2	2
A508-A509	20	-	-	10	-	10
A601	20	10	-	-	10	-
A603-A604	20	-	10	-	5	5
A607-A608	20	-	-	10	-	10
A702	20	10	-	-	10	-
A705-A706	20	-	8	-	6	6
A707	10	-	-	5	-	5

Nota. Adaptado de itinerario de aulas proporcionado por el área de Infraestructura de la PUCP (2021)

Tabla 22*Origen/Destino para la entrada de las 6:30 pm*

O/D	Salones de Llegada																	
Puntos de Acceso	A202	A204-A205	A207-A208	A301	A303-A304	A307	A402	A405	A408-A409	A501	A503	A506-A507	A602	A605-A606	A609-A610	A701	A703-A704	A708-A709
Aforo	20	20	20	20	20	10	20	10	20	20	10	20	20	20	20	20	20	20
Escalera CIA	16	-	-	14	-	-	12	-	-	10	-	-	8	-	-	8	-	-
Escalera MEDIO	-	14	-	-	14	-	-	4	-	-	4	-	-	8	-	-	8	-
Escalera CEPRE	-	-	16	-	-	6	-	-	12	-	-	10	-	-	8	-	-	8
Ascensor CIA	2	3	2	3	3	2	4	3	4	5	3	5	6	6	6	6	6	6
Ascensor CEPRE	2	3	2	3	3	2	4	3	4	5	3	5	6	6	6	6	6	6

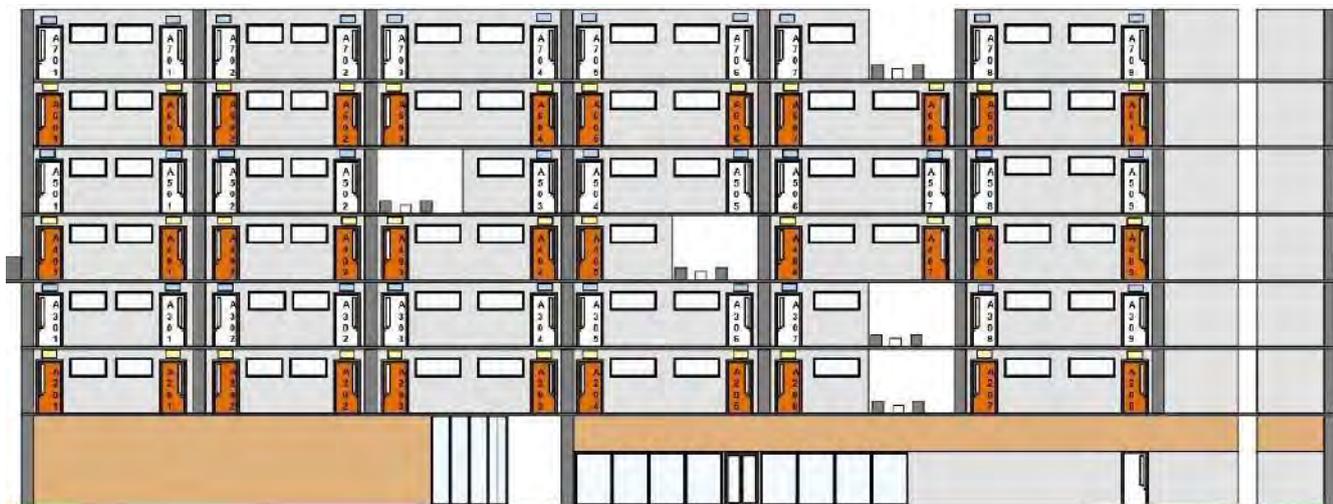
Nota. Adaptado de itinerario de aulas proporcionado por el área de Infraestructura de la PUCP (2021)

5.2.3 Propuesta de mejora 3

En esta propuesta se trata de maximizar todas las aulas de un piso, por tal motivo se seleccionan tres pisos de forma intercalada para el horario de las 6 y tres para el de las 6:30. Es decir, estudiantes y profesores de los pisos 3, 5 y 7 descienden en la primera hora, y los del 2, 4 y 6 bajan en la segunda hora. En la imagen 34, para representar la agrupación de piso de esta propuesta, las puertas del primer grupo se colorea las puertas de color marrón y del segundo de blanco. En el descenso de las aulas se trabaja con dos salones de manera simultánea para cada piso, por ello se emplea tres fases para representar esto. La primera fase se ubica en los salones más cercanos a los ascensores y escaleras de los pisos superiores para agilizar la bajada de los usuarios. En cambio, en el piso inferior los flujos de personas son mayormente por las escaleras. Terminada esta fase cuando no se detectan personas en los salones o zonas de espera de ascensores, se procede el cambio a la segunda fase. Esta corresponde a los salones ubicados en la parte central para que puedan descender por las escaleras del medio. Finalmente, la última fase se ubica en las aulas restante para que estos puedan bajar por las escaleras laterales y ascensores. En el de caso de subida a los salones de las 6:30 pm, los usuarios lo harán desde el segundo piso hace el último piso de manera ordenada como se explicó anteriormente mediante las lógicas. Este grupo de alumnos, jefes de practica y profesores emplearan las aulas que se usaron en la primera hora, después de pasar por todos los protocolos de desinfección. En los pasillos se aplicará un flujo bidireccional para los salones del medio, puesto que cuando se dirijan hacia los ascensores. El diagrama de fases de esta propuesta se encuentra en el anexo E.

Figura 32

Representación de pisos seleccionados para la propuesta 3 en una vista de elevación



Nota. Elaboración propia

5.2.3.1 Reorganización de aulas

En esta propuesta, emplean todas las aulas de los pisos seleccionados de manera ordenada para cada horario de forma independiente. En otras palabras, los alumnos que rindan examen de 3:00 a 6:00 pm utilizarán las aulas A201, A202, A203, A204-A205, A206 y A207-A208. Transcurrida la media hora, es decir a las 3:30 pm, ingresan los estudiantes a rendir examen en las aulas A301, A302, A303-A304, A305-A306, A307 y A308-A309. Como se muestra en la imagen 34, los salones del primer turno están pintados de amarillo y los del segundo turno de azul en la parte superior de las puertas.

5.2.3.2 Establecimiento de rutas

Las rutas propuestas que utilizarán los usuarios para entrada y salida del pabellón se muestran en el anexo C. De acuerdo a que tan cercano se encuentre el salón donde rendirán examen los desplazamientos de las personas son los siguientes:

Horario de examen: 3:00 – 6:00 pm

- Los estudiantes que dan examen en el 201, 202, 401, 402, 601 y 602 salen e ingresan por la escalera y ascensores que se ubica al costado de la Biblioteca de Innovación Académica.
- Los estudiantes que dan examen en el 203, 204-205, 403, 404-405, 603-604 y 605-606 salen e ingresan por la escalera ubicada en el centro del pabellón.
- Los que rindan examen en el 206, 207-208, 406-407, 408-409, 607-608 y 609-6109 salene ingresan por las escaleras y ascensores que se encuentra al costado de CeprePUC.

Horario de examen: 3:30 – 6:30 pm

- Los estudiantes que rinden examen en el aula 301, 302, 501, 502, 701 y 702 se desplazan por las escaleras y ascensores ubicados al costado de la biblioteca CIA.
- Los que rinden examen en el 303-304, 305-306, 503, 504-505, 703-704 y 705-706 se desplazan por la escalera central del pabellón A.
- Los que rinden examen en el aula 307, 308-309, 506-507, 508-509, 707 y 708-709 se desplazan por la escalera ubicada al costado de CeprePUCP.

5.2.1.3 Matriz origen – destino

Se emplea la siguiente matriz en el que se indica el volumen de usuarios en función a la distribución de salida y entrada desde y hacia las aulas respectivamente como se explicó en el acápite anterior. Los recuadros de color celeste hacen referencia a la primera a la hora de salida de las 6, el color verde a las 6:30 y amarillo al ingreso en ese horario.

Tabla 23*Origen/Destino para la salida de las 6:30 pm*

O/D		Puntos de llegada				
Salones/ Puntos Acceso	Aforo	ESCALERAS			ASCENSORES	
		Zona CIA	Zona MEDIO	Zona CEPRE	Ascensor CIA	Ascensor CEPRE
A301	20	16	-	-	4	-
A302	20	16	-	-	4	-
A303-A304	20	-	16	-	2	2
A305-A306	20	-	16	-	2	2
A307	20	-	-	16	-	4
A308-A309	20	-	-	16	-	4
A501	20	15	-	-	5	-
A502	20	15	-	-	5	-
A503	20	-	14	-	3	3
A504-A505	20	-	14	-	3	3
A506-A507	20	-	-	15	-	5
A508-A509	20	-	-	15	-	5
A701	20	14	-	-	6	-
A702	20	14	-	-	6	-
A703-A704	20	-	12	-	4	4
A705-A706	20	-	12	-	4	4
A707	20	-	-	14	-	6
A708-A709	20	-	-	14	-	6

Nota. Adaptado de itinerario de aulas proporcionado por el área de Infraestructura de la PUCP (2021)

Tabla 24*Origen/Destino para la salida de la 6:30 pm*

O/D		Puntos de llegada				
Salones/ Puntos Acceso	Aforo	ESCALERAS			ASCENSORES	
		Zona CIA	Zona MEDIO	Zona CEPRE	Ascensor CIA	Ascensor CEPRE
A201	20	16	-	-	4	-
A202	20	16	-	-	4	-
A203	20	-	16	-	2	2
A204-A205	20	-	16	-	2	2
A206	20	-	-	16	-	4
A207-A208	20	-	-	16	-	4
A401	20	15	-	-	5	-
A402	20	15	-	-	5	-
A403-A404	20	-	14	-	3	3
A405	20	-	14	-	3	3
A406-A407	20	-	-	15	-	5

A408-A409	20	-	-	15	-	5
A601	20	14	-	-	6	-
A602	20	14	-	-	6	-
A603-A604	20	-	12	-	4	4
A605-A606	20	-	12	-	4	4
A607-A608	20	-	-	14	-	6
A609-A610	20	-	-	14	-	6

Nota. Adaptado de itinerario de aulas proporcionado por el área de Infraestructura de la PUCP (2021)

Tabla 25

Origen/Destino para la entrada de las 6:30 pm

O/D	Salones de Llegada																		
	Puntos de Acceso	A301	A302	A303-A304	A305-A306	A307	A308-A309	A501	A502	A503	A504-A505	A506-A507	A508-A509	A701	A702	A703-A704	A705-A706	A707	A708-A709
Aforo	20	20	20	20	20	10	20	10	20	20	10	20	20	20	20	20	20	20	20
Escalera CIA	16	-	-	14	-	-	12	-	-	10	-	-	8	-	-	8	-	-	-
Escalera MEDIO	-	14	-	-	14	-	-	4	-	-	4	-	-	8	-	-	-	8	-
Escalera CEPRE	-	-	16	-	-	6	-	-	12	-	-	10	-	-	8	-	-	-	-
Ascensor CIA	2	3	2	3	3	2	4	3	4	5	3	5	6	6	6	6	6	6	6
Ascensor CEPRE	2	3	2	3	3	2	4	3	4	5	3	5	6	6	6	6	6	6	6

Nota. Adaptado de itinerario de aulas proporcionado por el área de Infraestructura de la PUCP (2021)

CAPITULO 6. ANÁLISIS COMPARATIVO

En este capítulo se realiza la comparación de las variables de la cantidad máxima de peatones para las tres propuestas trabajadas. Después de finalizar la simulación de los tres escenarios, el programa exporta los datos de la cantidad de peatones en los sectores cada tres segundos. Luego, se obtiene el valor promedio de personas por pisos por cada corrida realizada en el programa en ambos horarios de exámenes analizados. Del mismo modo, se obtiene este valor para toda la propuesta, lo que sirve para elegir el mejor escenario en el cual la media calculada presenta un valor bajo en comparación al resto. Asimismo, se compara los tiempos de simulación en cada propuesta especialmente en el primer y séptimo piso. El primero debido a que es el destino de llegada de los usuarios es por la escaleras y ascensores, mientras el otro porque es el último piso al que suben estos.

6.1. Resultados primera propuesta

Los resultados de esta propuesta se muestran en las tablas del anexo F separadas por piso. En esta se resalta la cantidad máxima de personas en los detectores para cada intervalo de simulación para las cinco corridas realizadas. Los valores hallados son 1, 2 y 3. El primer valor se registra en su mayoría por los pasillos o zonas de cambio en las escleras centrales, mientras que el segundo en las escaleras laterales y el último en las zonas de espera de los ascensores de los pisos superiores. En el escenario de exámenes de 3 a 6 pm, las últimas personas en descender del pabellón A se detectan en los sensores ubicados en la salida de la escalera del medio. El tiempo total de salida de todos los usuarios es aproximadamente de 600 segundos en el programa. En la tabla 26, se muestra los valores para esta situación.

Tabla 26*Cantidad del promedio de usuarios por piso*

Pisos	Número de Corridas					Promedio
	1	2	3	4	5	
Primer piso	1.012	1.009	1.013	1.012	1.011	1.011
Segundo piso	1.047	1.057	1.036	1.021	1.087	1.050
Tercer piso	1.009	1.008	1.007	1.009	1.004	1.007
Cuarto piso	1.039	1.029	1.042	1.066	1.031	1.041
Quinto piso	1.027	1.040	1.098	1.066	1.046	1.055
Sexto Piso	1.034	1.014	1.019	1.043	1.044	1.031
Séptimo piso	1.094	1.131	1.135	1.107	1.098	1.113

Nota. Elaboración propia

Para el caso del escenario de salida de usuarios de los salones al termino de exámenes de 3:30 a 6:30 pm, el tiempo de simulación es aproximadamente 600 segundos en el programa. En esta situación, las ultimas personas en bajar son detectadas por los sectores ubicados en la escalera del medio y ascensores cercanos a CEPREUCP. Empleando los registros de cantidad de personas para el escenario de salida de exámenes de 3:30 a 6:30 pm, se calculan los valores promedios para cada corrida por pisos y los resultados son los siguientes:

Tabla 27*Cantidad del promedio de usuarios por piso*

Pisos	Número de Corridas					Promedio
	1	2	3	4	5	
Primer piso	1.008	1.009	1.012	1.015	1.014	1.012
Segundo piso	1.024	1.016	1.010	1.015	1.007	1.014
Tercer piso	1.050	1.081	1.032	1.148	1.188	1.100
Cuarto piso	1.058	1.065	1.072	1.057	1.082	1.067
Quinto piso	1.089	1.076	1.102	1.084	1.059	1.082
Sexto Piso	1.052	1.036	1.032	1.025	1.078	1.045
Séptimo piso	1.030	1.014	1.034	1.050	1.076	1.041

Nota. Elaboración propia

En la tabla 28, se muestra los resultados para el grupo de usuarios que suben a las aulas seleccionadas para rendir exámenes en el turno de 6:30 a 9:30 pm. El tiempo aproximado hasta detectar a la última persona en llegar al último piso es aproximadamente de 600 segundos en el programa.

Tabla 28

Resultados promedio de usuarios que rinden examen (6:30 a 9:30 pm)

Pisos	Número de Corridas					Promedio
	1	2	3	4	5	
Primer piso	1.052	1.053	1.061	1.061	1.072	1.060
Segundo piso	1.000	1.005	1.001	1.004	1.000	1.02
Tercer piso	1.035	1.031	1.022	1.022	1.028	1.028
Cuarto piso	1.003	1.005	1.001	1.002	1.002	1.003
Quinto piso	1.063	1.040	1.028	1.038	1.047	1.043
Sexto Piso	1.018	1.034	1.023	1.021	1.024	1.024
Séptimo piso	1.017	1.026	1.012	1.011	1.005	1.114

Nota. Elaboración propia

El valor promedio de personas en todo el pabellón para esta propuesta de mejora es igual a 1.040 como se muestra en la tabla 29.

Tabla 29

Valor promedio de personas en el Pabellón A

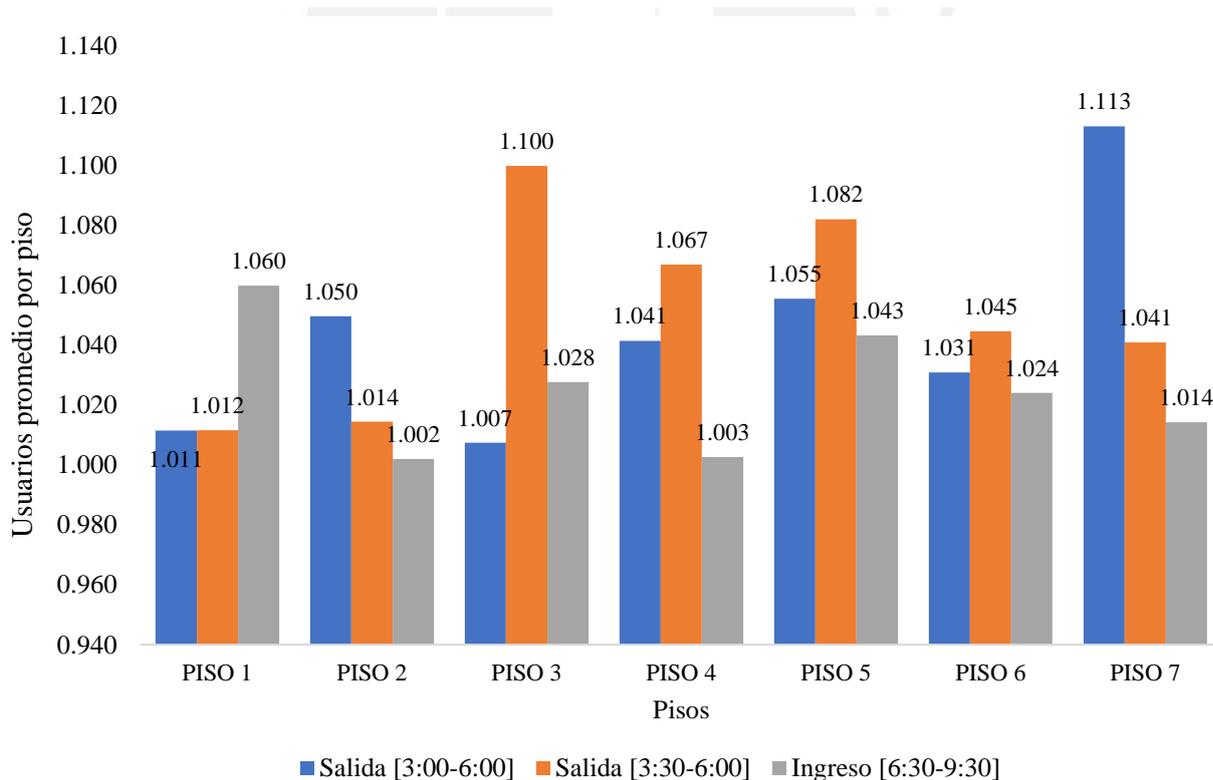
Pisos	Salida [3:00-6:00]	Salida [3:30-6:00]	Ingreso [6:30-9:30]	Promedio	Promedio usuarios propuesta 1
Primer piso	1.011	1.012	1.060	1.028	1.040
Segundo piso	1.050	1.014	1.02	1.022	
Tercer piso	1.007	1.100	1.028	1.045	
Cuarto piso	1.041	1.067	1.003	1.037	
Quinto piso	1.055	1.082	1.043	1.060	
Sexto piso	1.031	1.045	1.024	1.033	
Séptimo piso	1.113	1.041	1.114	1.056	

Nota. Elaboración propia

En la gráfica, se representa los valores promedio de peatones por horario para cada piso. En el caso de la salida de los usuarios a la primera hora, los números promedios más altos se encuentran en los pisos superiores, debido a las zonas de espera en los ascensores que son usados por la mayoría. Caso contrario ocurre en los pisos inferiores, pues las personas solo tienden a usar las escaleras. En la segunda hora los datos son variados, debido a que los salones empleados son aquellos que no se emplearon en el primer intervalo. Es decir, las aulas no estaban tan cercanas a los puntos de acceso, por lo que se originaban rutas más largas y más tiempo de espera en las zonas de ascensores. En el caso del escenario de subida a las aulas, en el primer piso se da la mayor concurrencia de personas en escalera y elevadores como era de esperarse.

Figura 33

Cantidad promedio de usuarios por pisos para el escenario 1 en el pabellón A



Nota. Elaboración propia

6.2. Simulación segunda propuesta

Los resultados de esta propuesta se muestran en las tablas del anexo G separadas por piso y los valores registrados de la cantidad máxima de personas fueron de 1,2 y 3. El primer valor se registra en su mayoría por los pasillos o zonas de cambio en las escleras centrales, mientras que el segundo en las escaleras laterales y el último en las zonas de espera de los ascensores de los pisos superiores. En el escenario de exámenes de 3 a 6 pm, las últimas personas en descender del pabellón A se detectan en los sensores ubicados en la salida de los ascensores y escaleras cercanas a CIA. Esto debido a que en esta propuesta los últimos en salir corresponden a los del piso 2. El tiempo total de salida de todos los usuarios es aproximadamente de 700 segundos en el programa. En la tabla 30, se muestra los registros de los valores promedio para cada piso para este primer escenario.

Tabla 30

Cantidad promedio de usuarios por piso

Pisos	Número de Corridas					Promedio
	1	2	3	4	5	
Primer piso	1.010	1.010	1.009	1.006	1.014	1.010
Segundo piso	1.028	1.017	1.027	1.014	1.036	1.024
Tercer piso	1.001	1.004	1.004	1.005	1.002	1.003
Cuarto piso	1.051	1.030	1.040	1.048	1.037	1.041
Quinto piso	1.042	1.045	1.079	1.059	1.062	1.057
Sexto Piso	1.042	1.018	1.026	1.028	1.030	1.029
Séptimo piso	1.086	1.126	1.126	1.093	1.088	1.104

Nota. Elaboración propia

Para el segundo escenario del intervalo de 3:30 a 6:30 pm, el tiempo de descenso en todo el edificio es alrededor de 400 segundos en el programa. Las ultimas personas se detectan en los sensores ubicados al termino de las escaleras centrales en el primer piso. En la tabla 31, se muestra los valores promedios calculados para cada corrida.

Tabla 31*Valores promedio calculados para cada corrida*

Pisos	Número de Corridas					Promedio
	1	2	3	4	5	
Primer piso	1.011	1.013	1.012	1.011	1.008	1.011
Segundo piso	1.011	1.009	1.006	1.039	1.003	1.014
Tercer piso	1.027	1.021	1.019	1.035	1.024	1.025
Cuarto piso	1.043	1.051	1.053	1.054	1.044	1.049
Quinto piso	1.024	1.054	1.028	1.050	1.090	1.049
Sexto Piso	1.026	1.012	1.033	1.011	1.025	1.021
Séptimo piso	1.026	1.017	1.050	1.052	1.057	1.040

Nota. Elaboración propia

En la tabla 32, se presenta los resultados para el tercer grupo de usuarios que suben a las aulas seleccionadas para rendir exámenes en el turno de 6:30 a 9:30 pm. El tiempo aproximado hasta detectar a la última persona en llegar al último piso es aproximadamente de 600 segundos en el programa.

Tabla 32*Resultados para usuarios que rinden examen de 6:30 a 9:30 pm*

Pisos	Número de Corridas					Promedio
	1	2	3	4	5	
Primer piso	1.010	1.050	1.061	1.060	1.054	1.055
Segundo piso	1.024	1.005	1.001	1.004	1.000	1.002
Tercer piso	1.003	1.029	1.018	1.022	1.028	1.026
Cuarto piso	1.041	1.004	1.001	1.002	1.002	1.002
Quinto piso	1.057	1.040	1.028	1.038	1.044	1.043
Sexto Piso	1.029	1.034	1.023	1.021	1.024	1.024
Séptimo piso	1.104	1.026	1.012	1.011	1.005	1.014

Nota. Elaboración propia

El valor promedio de personas en todo el pabellón para esta propuesta de mejora es igual a 1.029 como se muestra en la tabla 33.

Tabla 33

Valor promedio de personas en el Pabellón A

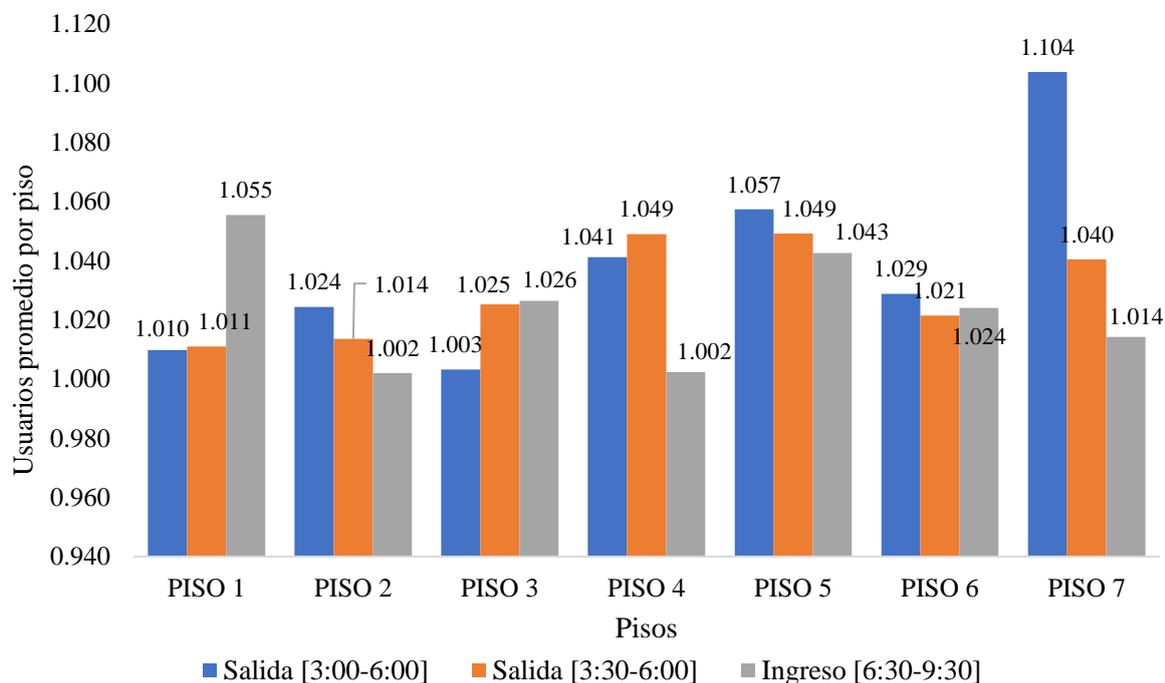
Pisos	Salida [3:00-6:00]	Salida [3:30-6:00]	Ingreso [6:30-9:30]	Promedio	Promedio usuarios propuesta 2
Primer piso	1.011	1.011	1.055	1.037	
Segundo piso	1.050	1.014	1.002	1.009	
Tercer piso	1.007	1.025	1.026	1.029	
Cuarto piso	1.041	1.049	1.002	1.024	1.030
Quinto piso	1.055	1.049	1.043	1.048	
Sexto piso	1.031	1.021	1.024	1.025	
Séptimo piso	1.113	1.040	1.014	1.030	

Nota. Elaboración propia

En el primer escenario de salida a las 6: 30, los valores más altos ocurren en los pisos superiores como se muestra en la imagen debido a la preferencia de los usuarios en emplear los ascensores en reemplazo de las escaleras. Caso similar ocurre para la hora de salida de exámenes a las 6: 30, con la diferencia que la mayor cantidad de personas se desplazan por los pisos del centro. En el ingreso a los salones, en esta propuesta también ocurren los mayores cruces en el primer piso por ser el punto de inicial de los ascensores y escaleras.

Figura 34

Cantidad promedio de usuarios por pisos para la propuesta 2 en el pabellón A



Nota. Elaboración propia

6.3. Simulación tercera propuesta

Los resultados de esta propuesta se muestran en las tablas del anexo H separadas por piso y los valores registrados de la cantidad máxima de personas fueron de 1, 2, 3 y 4. El primer valor se registra en zonas de cambio de sucesión en las escleras centrales, mientras que el segundo en las escaleras laterales, el tercero en los pasillos debido a la gran afluencia de personas en estos y el último en las zonas de espera de los ascensores de los pisos superiores y primer piso, así como en las puertas de acceso a las aulas. En el escenario de exámenes de 3 a 6 pm, las últimas personas en descender del pabellón A se detectan en los sensores al término de la escalera central. Esto debido a que el desplazamiento por las escaleras centrales para los usuarios de los pisos empleados (7 y 5) son largos. El tiempo total de salida de todos los usuarios es aproximadamente de 600 segundos en el programa. En la tabla 34, se muestra los registros de los valores promedio para cada piso para este primer escenario.

Tabla 34*Cantidad promedio de usuarios por piso*

Pisos	Número de Corridas					Promedio
	1	2	3	4	5	
Primer piso	1.010	1.011	1.012	1.012	1.007	1.010
Segundo piso	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Tercer piso	1.005	1.026	1.000	1.011	1.010	1.010
Cuarto piso	1.000	1.002	1.002	1.000	1.000	1.001
Quinto piso	1.032	1.034	1.088	1.069	1.038	1.052
Sexto Piso	1.026	1.00	1.000	1.000	1.000	1.005
Séptimo piso	1.056	1.042	1.053	1.069	1.075	1.059

Nota. Elaboración propia

Para el segundo escenario del intervalo de 3:30 a 6:30 pm, el tiempo de descenso en todo el edificio es alrededor de 600 segundos en el programa. Las últimas personas se detectan en los sensores ubicados al termino de las escaleras centrales en el primer piso. En la tabla 35, se muestra los valores promedios calculados para cada corrida.

Tabla 35*Valores promedio calculados para cada corrida*

Pisos	Cantidad promedio de usuarios por piso					Promedio
	Número de Corridas					
	1	2	3	4	5	
Primer piso	1.005	1.006	1.006	1.007	1.007	1.006
Segundo piso	1.005	1.005	1.004	1.012	1.019	1.009
Tercer piso	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Cuarto piso	1.012	1.011	1.027	1.027	1.023	1.020
Quinto piso	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Sexto Piso	1.027	1.015	1.031	1.016	1.022	1.022
Séptimo piso	0	0	0	0	0	0

Nota. Elaboración propia

En la tabla 36, se presentan los resultados para el tercer grupo de usuarios que suben a las aulas de los pisos 3, 5 y 7 para rendir exámenes en el turno de 6:30 a 9:30 pm. El tiempo aproximado hasta detectar a la última persona en llegar al último piso es aproximadamente de 500 segundos en el programa.

Tabla 36

Resultados del 3er grupo que rinde examen de 6:30 a 9:30 pm

Pisos	Número de Corridas					Promedio
	1	2	3	4	5	
Primer piso	1.054	1.050	1.028	1.066	1.059	1.051
Segundo piso	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.00
Tercer piso	1.027	1.041	1.040	1.102	1.018	1.046
Cuarto piso	1.001	1.002	1.000	1.003	1.001	1.001
Quinto piso	1.063	1.063	1.077	1.072	1.071	1.069
Sexto Piso	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Séptimo piso	1.014	1.018	1.016	1.018	1.015	1.016

Nota. Elaboración propia

El valor promedio de personas en todo el pabellón para esta propuesta de mejora es igual a 1.020 como se muestra en la tabla.

Tabla 37

Valor promedio de personas en el Pabellón A

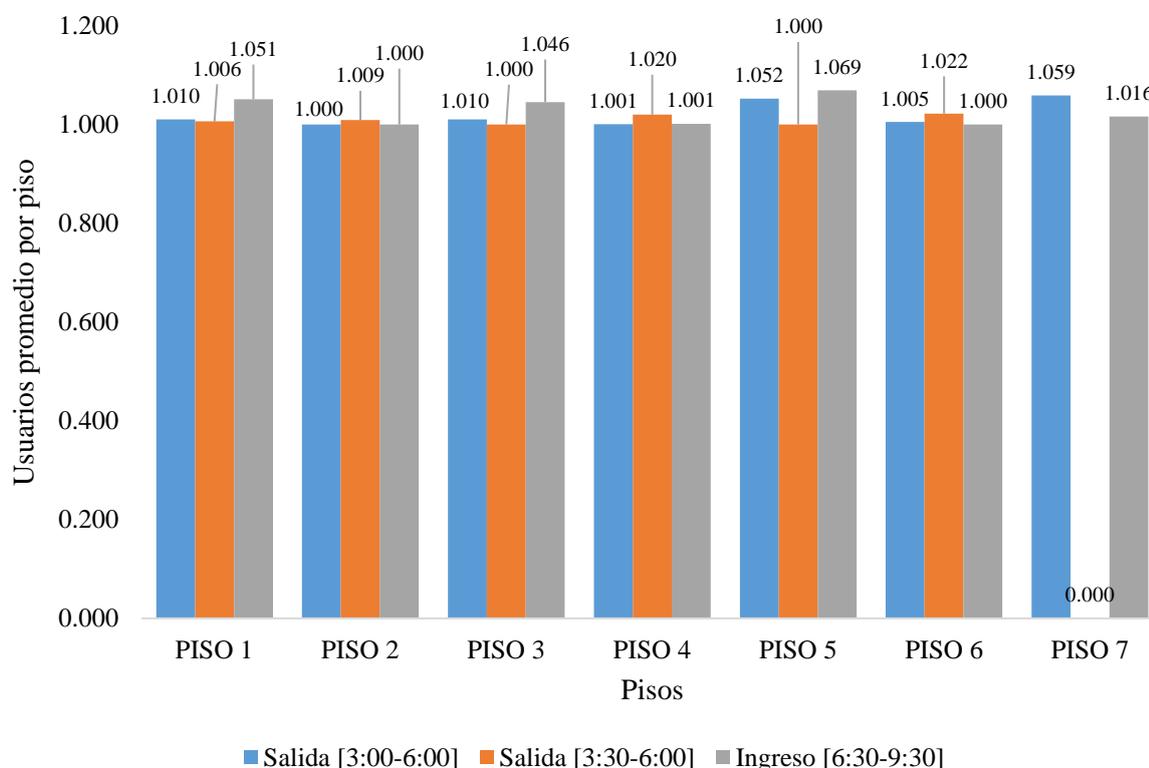
Pisos	Salida [3:00-6:00]	Salida [3:30-6:00]	Ingreso [6:30-9:30]	Promedio	Promedio usuarios propuesta 3
Primer piso	1.010	1.006	1.051	1.023	1.020
Segundo piso	1.000	1.009	1.00	1.003	
Tercer piso	1.010	1.000	1.046	1.019	
Cuarto piso	1.001	1.020	1.001	1.007	
Quinto piso	1.052	1.000	1.069	1.040	
Sexto piso	1.005	1.022	1.000	1.009	
Séptimo piso	1.059	0	1.016	1.038	

Nota. Elaboración propia

En esta propuesta, para el primer escenario del descenso de personas al término del examen los valores promedio en todos los pisos son similares. Lo que demuestra el flujo uniforme de usuarios en todo el pabellón. Caso similar ocurre para la segunda hora de exámenes, sin embargo, para el ascenso de alumnos y profesores a las aulas, el piso siete tiene un valor de cero ya que no se emplea ningún salón en este nivel.

Figura 35

Cantidad promedio de usuarios por pisos para la propuesta 3 en el pabellón A



Nota. Elaboración propia

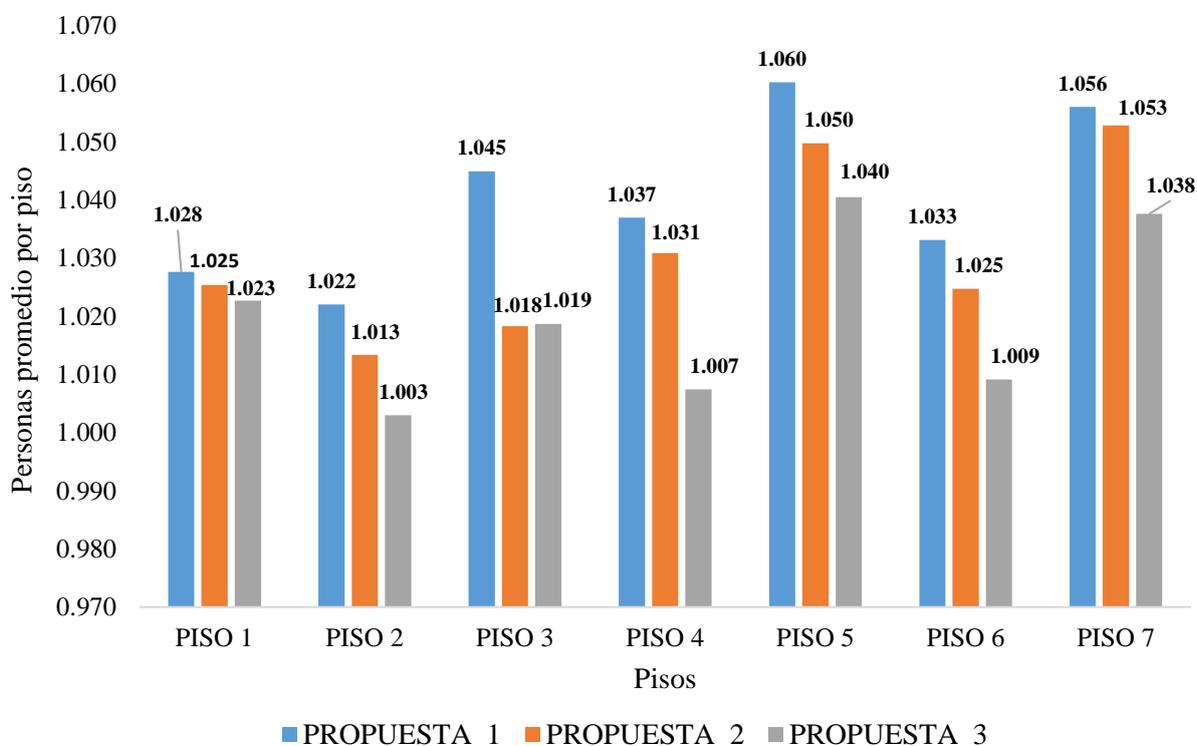
6.4. Análisis comparativo de propuestas

En la gráfica se muestra la cantidad promedio de personas por pisos para las dos horas de salida de exámenes y la hora de ingreso para cada propuesta. En el caso del primer piso, los valores obtenidos tienen una ligera variación. En el segundo, los registros más altos ocurren en la primera y segunda propuesta debido a que estos pisos se emplearon en los tres escenarios simulados. Asimismo, por ahí también se desplazan los usuarios provenientes de los pisos

superiores. Sin embargo, en la tercera propuesta este valor es el más bajo debido a que este nivel solo se empleó en el escenario de salida de estudiantes de las 6:30 pm. Para el tercer piso, en la primera propuesta la cantidad de personas es mayor a diferencia del resto. Esto se debe a que las personas de este nivel descienden de manera última lo que permite un flujo uniforme en todo el espacio. En cambio, en la segunda y tercera propuesta los usuarios salen primero de los salones de este nivel, por lo que el flujo es rápido. Caso similar ocurre en el resto de piso. En síntesis, la propuesta que presenta la menor cantidad de personas promedio en todo el pabellón es la 3. Puesto que tiene un valor de 1.020, a comparación de 1.030 y 10.40 de la propuesta 2 y 1, respectivamente. Asimismo, en las propuestas 1 y 2 se emplean todos los pisos, pero solo tres salones seleccionados por cada uno. En cambio, en la tercera solo se usan todas las aulas de solo tres pisos.

Figura 36

Cantidad promedio de usuarios por piso para cada propuesta



CAPITULO 7. ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD

7.1 Capacidad máxima actual

En primer lugar, se determinó la capacidad máxima total con ayuda de las normas vigentes como lo son la A.130 Requisitos de Seguridad. Esta indica pasos para determinar la capacidad máxima dentro de una instalación. Y se calcula la capacidad en función al área requerida por una persona. A continuación, se mostrará los factores de ocupación utilizados según el tipo de uso.

Tabla 38

Factores de ocupación según los ambientes

Uso, ambiente, espacio	Coefficiente o factor
Auditorio	# De butacas
Salas de uso multiple	1m ² /persona
Salas de clase	1.5 m ² /persona
Camerinos	4 m ² /persona
Gimnasio con máquinas	4.6 m ² /persona
Gimnasio sin máquinas	1.4 m ² /persona
Laboratorio, cafeterías, talleres	5 m ² /persona
Oficinas	9.3 m ² /persona

Nota. Adaptado de la Norma A.130 del Reglamento Nacional de Edificaciones (2006)

Teniendo los valores recomendados por norma, se procede a recolectar la información sobre las áreas de los lugares a evaluar. Para analizar cuantas personas transitan e interactúan en las áreas comunes del pabellón A en semana de exámenes, es necesario conocer cuantas personas como máximo entrarían en un salón de clases. En la tabla 39, se mostrará el área de cada aula por cada piso del Pabellón A.

Tabla 39*Área de los salones en cada piso*

PISO	Aulas	Área (m²)
PISO 2	A201	82.84
	A202	82.74
	A203	95.61
	A204-A205	95.61
	A206	49.9
	A207-A208	95.58
	PISO 3	A301
A302		82.74
A303-A304		95.61
A305-A306		95.61
A307		49.9
A308-A309		95.58
PISO 4		A401
	A402	82.63
	A403-A404	95.46
	A405	49.72
	A406-A407	95.15
	A408-A409	95.15
	PISO 5	A501
A502		82.68
A503		47.57
A504-A505		95.52
A506-A507		95.52
A508-A509		95.58
PISO 6		A601
	A602	82.84
	A603-A604	95.61
	A605-A606	95.61
	A607-A608	95.58
	A609-A610	95.58
	PISO 7	A701
A702		82.68
A703-A704		95.52
A705-A706		95.52
A707		95.58
A708-A709		95.58

Nota. Adaptado de planos del pabellón A proporcionado por el área de Infraestructura de la PUCP (2021)

Se procederá a determinar la capacidad máxima de las aulas según la norma. Para ello, según la tabla 18 corresponde utilizar el factor de 1.5 m²/persona debido a que la investigación se trata de un Pabellón, con salones de clase. Teniendo los valores de aforo que fueron proporcionados por la oficina de infraestructura, los cuales serán mostrados en la siguiente tabla, se realizará la comprobación para verificar si se cumple con los lineamientos normados

Tabla 40

Aforos de los usuarios por salón multiplicados por el factor

Pisos	Aulas	Aforo	x 1.5(Factor) m²	
PISO 2	A201	53	79.5	
	A202	53	79.5	
	A203	61	91.5	
	A204-	62	93	
	A205			
	A206	32	48	
	A207- A208	62	93	
PISO 3	A301	53	79.5	
	A302	53	79.5	
	A303- A304	62	93	
	A305- A306	62	93	
	A307	32	48	
	A308- A309	62	93	
	PISO 4	A401	53	79.5
		A402	53	79.5
		A403- A404	62	93
A405		32	48	
A406- A407		62	93	
A408- A409		62	93	
PISO 5		A501	53	79.5
		A502	55	82.5
	A503	31	46.5	
	A504- A505	62	93	
	A506- A507	62	93	

	A508- A509	62	93
PISO 6	A601	53	79.5
	A602	53	79.5
	A603- A604	62	93
	A605- A606	62	93
	A607- A608	62	93
	A609- A610	62	93
PISO 7	A701	53	79.5
	A702	53	79.5
	A703- A704	62	93
	A705- A706	62	93
	A707	31	46.5
	A708- A709	62	93

Nota. Adaptado de planos del pabellón A proporcionado por el área de Infraestructura de la PUCP (2021)

Con esto se verifica que el área calculada es menor que el área existente, por lo que se concluye que se cumplen los lineamientos establecidos por la normal A130. Por lo que los valores de aforo propuestos por la universidad son los correctos cuando se quiere utilizar la capacidad máxima en un salón de clases.

7.2 Capacidad máxima propuesta

La capacidad máxima propuesta se calculó teniendo en cuenta los lineamientos de bioseguridad expuestas por el Minsa y la OMS, que es el de mantener una distancia física de por lo menos 2 metros de distancia entre personas. Para ello, se toma en cuenta el espacio personal ocupado por cada persona. Un peatón promedio ocupa un área de aproximadamente 1.3 m². En esta investigación no se utilizará la formación de grupos o pelotones, debido a las condiciones de pandemia en la que nos encontramos, y se debe evitar este acercamiento entre personas.

Entonces en esta tesis se propone, que en los salones que se presentan una mayor área se incluyan solo 20 personas al momento de rendir examen, por todas las condiciones

mencionadas anteriormente. Se necesita un área de 30 m² para la cantidad de personas requeridas, lo cual se cumple de sobra con los lineamientos propuestos por la norma.

Tabla 41

Aforo por salones para la propuesta seleccionada

Pisos	Aulas	AFORO
PISO 2	A201	20
	A202	20
	A203	20
	A204-	20
	A205	
	A206	10
	A207-	20
	A208	
PISO 3	A301	20
	A302	20
	A303-	20
	A304	
	A305-	20
	A306	
	A307	10
	A308-	20
	A309	
PISO 4	A401	20
	A402	20
	A403-	20
	A404	
	A405	10
	A406-	20
	A407	
	A408-	20
	A409	
PISO 5	A501	20
	A502	20
	A503	10
	A504-	20
	A505	
	A506-	20
	A507	
	A508-	20
	A509	
PISO 6	A601	20
	A602	20
	A603-	20
	A604	
	A605-	20
	A606	

	A607-	20
	A608	
	A609-	20
	A610	
PISO 7	A701	20
	A702	20
	A703-	10
	A704	
	A705-	20
	A706	
	A707	10
	A708-	20
	A709	

Nota. Adaptado de planos del pabellón A proporcionado por el área de Infraestructura de la PUCP (2021)



CAPITULO 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 Conclusiones

Las instituciones han elaborado planes de retorno seguro a la presencialidad en los campus, los cuales no están siendo cumplidos en su totalidad por los usuarios. Para ello, se tomó en cuenta investigaciones, modelos y propuestas de mejora para así realizar un escenario inicial de microsimulación que permita evaluar el flujo uniforme de los usuarios en los espacios comunes del pabellón A de la PUCP. Por medio de esta propuesta se pretende que se cumpla el plan de regreso a clases con todas las medidas correspondientes para evitar el aumento de contagios. A continuación, se presenta las conclusiones correspondientes a cada uno de los objetivos específicos planteados.

Con respecto al primer objetivo específico, con ayuda de los cuestionarios en el capítulo 4 se logró identificar las rutas de acceso más utilizadas por los peatones cuando se dirigen hacia las aulas en semana de exámenes. Esta información recolectada sirvió para conocer el desplazamiento de los usuarios hacia sus destinos finales utilizando las escaleras o ascensores. Asimismo, en conjunto con el itinerario de aulas se generó una matriz con todas las rutas posibles desde los puntos de acceso hacia todas las aulas y viceversa

El segundo objetivo se basó en la caracterización del comportamiento peatonal de los usuarios dentro del Pabellón A, el cual se realizó satisfactoriamente debido a que con la información recolectada se logró estudiar a cuatro tipos de usuarios: alumnos, alumnas, jefes de practica y profesores. Asimismo, para un mejor control se clasificó a estos usuarios en función a los pisos por medios de colores. Las variables empleadas fueron la velocidad de cada persona, recopilada en el estudio de microsimulación peatonal en ambientes universitarios de la PUCP realizado por el Dr. Félix Cabrera y el espacio personal que ocupa cada persona. Asimismo, se estudió el desplazamiento de los usuarios individualmente, excluyendo la formación de grupos en los

pasillos, escaleras y ascensores para cumplir el distanciamiento físico entre personas.

Para realizar los modelos de microsimulación se utilizó el programa Viswalk y con ayuda del programa VisVap se generaron lógicas para idealizar cada propuesta. En el programa se representó la interacción de usuarios por medio de detectores colocados a lo largo de los pasillos y zonas aledañas a escaleras y ascensores. Para el estudio se usaron en total 1224 detectores, los cuales midieron la cantidad máxima de peatones. En VisVap, se crearon un total de 6 lógicas por propuesta y por cada una se realizó 5 corridas. Gracias a ello, se pudo representar la estructura inicial de las propuestas en base a los modelos de microsimulación. También, se logró mostrar el desplazamiento peatonal distinto según el orden de salida de los usuarios salones y necesidades de estos.

Respecto al cuarto objetivo, se cumplió satisfactoriamente que las rutas establecidas origen-destino de cada propuesta en el modelo de microsimulación fueron empleados en todo momento cuando se hace uso del Pabellón A de la PUCP. Ante un posible retorno total a la presencialidad educativa, estas rutas representan los recorridos más cortos a través de los accesos más cercanos. Se concluye que al trabajar con un aforo completo de personas y por medio de una reorganización de aulas y pisos, los desplazamientos de los usuarios tienden a ser más ordenados y organizados. Esto resulta favorable debido a que se logra una disminución de cruces e interacciones en las áreas comunes.

Uno de los criterios de comparación es el valor promedio de personas en los detectores. Cuando este resulte mínimo, la propuesta es elegida y aceptable. Los tres modelos fueron comparados como se mostró en el capítulo 6. La propuesta seleccionada fue la tercera, puesto que cumplió con los criterios de comparación. Asimismo, en los puntos concurridos como ascensores y escaleras, el flujo de personas era mínimo y organizado en comparación al resto de áreas

evaluadas. Por lo tanto, en esta última hay una menor cantidad de peatones en las zonas de medición y del mismo modo, la densidad también disminuye por lo que se logró el menor número de interacciones

8.2 Recomendaciones

Se recomienda que este estudio se replique en distintos ambientes universitarios, esta información inicial servirá para distintos tipos de investigaciones y con ellos dar solución a un regreso total presencialidad de manera ordenada y segura. Este plan podrá ser replicado en distintos espacios en donde exista un flujo continuo de personas.

En cuanto a los cuestionarios, se sugiere que exista un mayor involucramiento de estudiantes y profesores de diferentes especialidades que utilizan el pabellón, para así lograr una investigación más certera. Perteneciendo a la carrera de Ingeniería Civil se obtuvo una mayor respuesta de estos estudiantes, por lo que para este estudio es importante conocer el comportamiento de todas las personas que usen el pabellón A.

Este trabajo de investigación representa una metodología inicial, que podrá ser mejorar con datos obtenidos de las videograbaciones de las cámaras de video seguridad para obtener datos en tiempo real de los usuarios dentro del pabellón como: velocidad, conocer rutas, información de grupos, etc. Pero, siguiendo con los lineamientos de privacidad de cada persona. Es importante mencionar que los datos almacenados en estas cámaras son borrados mensualmente debido a la poca capacidad de almacenamiento y solo pueden ser proporcionados mediante una solicitud o en casos de emergencia.

Para emplear el programa VisVap enfocado al estudio de peatones, es necesario tener un conocimiento básico de los comandos, puesto que estos están destinados en su mayoría al comportamiento y movimiento de los vehículos.

Para poder analizar los resultados de la simulación respecto a las propuestas de mejora, se sugiere tener un mayor alcance respecto a los conocimientos de estadística intermedio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias J., Villasís-Keever, M., Miranda M. (2016). El protocolo de investigación III: la población de estudio. *Revista Alergia México*, 63 (2), 201-206.
<https://www.redalyc.org/pdf/4867/486755023011.pdf>
- Ariza S., García A. J. (2016). El usuario en el espacio público. interacción, experiencia y participación. *Revista Interdisciplinaria sobre estudios urbanos*, 1(1).
- Bayham, J., & Fenichel, E.P. (2020). Impact of school closures for COVID-19 on the US health-care workforce and net mortality: a modelling study. *Lancet Public Health* 2020 Published Online, April 3, 2020.
- Capbauno (2017). *Hacia una ciudad accesible: Criterios de diseño para una ciudad accesible* 2da edición. La Plata: Capbauno.
- Cabrera, F., Sabino M. & Legua G (s.f.). *Microsimulación peatonal en ambientes universitarios*.
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (s.f.). *Guía para la elaboración del informe de inspección técnica de seguridad en edificaciones multidisciplinarias*. http://webonline.cenepred.gob.pe/web/itsedocs/Doc_2015/Anexo-17.pdf
- Deng, H., He, L., Guo, T., & Tang, K. (2020, 23 diciembre). Pedestrian epidemic coupling modeling and simulation based on social force model - TRB Publications Index. TRB Publications Index. <https://pubsindex.trb.org/view/2021/C/1759769>
- Departamento de Normalización (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones (A0.40)*. <https://www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm>

- Devi L., Ramachandra K., Tiwari G. (2017). Fundamental diagrams of pedestrian flow characteristics: A review. <https://doi.org/10.1007/s12544-017-0264-6>
- Dirección General de Riesgos Profesionales (2013). Glosario de términos: movilidad reducida. Bogotá: Minsalud.
<https://www.minsalud.gov.co/Lists/Glosario/DispForm.aspx?ID=40&ContentTypeId=0x0>
- Dirección General de Tráfico (2014). Los peatones. Madrid: Ministerio del Interior.
https://www.dgt.es/PEVI/documentos/catalogo_recursos/didacticos/did_adultas/peatones.pdf
- Feliciani C., Murakami H., Nishinari K. (2019). A universal function for capacity of bidirectional pedestrian streams: Filling the gaps in the literature. *Plosone*.
<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0208496#sec002>
- Gonzales, J. (2011). Estudio de modelos para tráfico peatonal y su aplicación a pasillos en diferentes escenarios . Tesis de maestría, Universidad Autónoma Metropolitana.
<http://mat.izt.uam.mx/mcmai/documentos/tesis/Gen.08-O/Gonzalez-JD-Tesis.pdf>
- Guío, F. (2010). Flujos peatonales en infraestructuras continuas: marco conceptual y modelos representativos. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, (29), 1-25. <https://www.redalyc.org/pdf/1942/194214466011.pdf>
- Habib, M. A., Alam, M. J., & Holmes, D. (2020, 23 diciembre). Pedestrian Micro-Simulation for Evaluating the Impacts of Social Distancing Regulations on a Dense Urban Street in Halifax, Canada - TRB Publications Index. TRB Publications Index.
<https://pubsindex.trb.org/view/2021/C/1759721>
- Helbing, D., & Molnár, P. (1998, mayo). *Social force model for pedestrian dynamics*
<https://arxiv.org/pdf/cond-mat/9805244.pdf>

- Hernández Sampieri, Roberto / Fernández, Carlos / Baptista, P. (2014). Metodología de la Investigación (M. Toledo, J. Mares, M. Rocha, & Z. García (eds.); 6a ed.). McGraw-Hill / Interamericana Editores. <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
- Huerta Peralta, J. (2006). Discapacidad y Accesibilidad: La dimensión desconocida. Lima: Fondo Editorial del Congreso del Perú.
- Instituto de Desarrollo Urbano de Bogotá (2018). Guía práctica de la movilidad peatonal urbana: El peatón en la red peatonal. <http://www.pactodeproductividad.com/pdf/guiageneralsobreaccesibilidad.pdf>
- Instituto Tecnológico de Massachusetts. (2020). Guidance to MIT DLCs and PIs related to Common Space Usage [Archivo PDF]. <https://research.mit.edu/sites/default/files/uploads/guidance-mit-dlcs-pis-related-common-space-usage-2020-06-05.pdf>
- Jin, C.-J., Jiang, R., Li, R., y Li, D., “Single-file pedestrian flow experiments under high-density conditions”, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, vol. 531, pp 1- 11, 2019. DOI: 10.1016/j.physa.2019.121718
- Jian, L., Lizhong, Y. and Daoliang, Z. (2005) “Simulation of Bi-direction Pedestrian Movement in Corridor”, *Physica A*, Elsevier, 354, 619-628
- Li, N., y Guo, R.Y., “Simulation of bi-directional pedestrian flow through a bottleneck: Cell transmission model”, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 124542, pp 1-19, 2020. DOI: 10.1016/j.physa.2020.124542
- Lima Cómo Vamos. (2019). Lima y Callao: Según sus ciudadanos. http://www.limacomovamos.org/wp-content/uploads/2019/11/Encuesta-2019_web.pdf

- Liu Y., Sun C., Bie Y. (2015). Modeling Unidirectional Pedestrian Movement: An Investigation of Diffusion Behavior in the Built Environment. *Mathematical Problems in Engineering*, 2015. <https://dx.doi.org/10.1155/2015/308261/>
- Ministerio de Salud. (2020). Distanciamiento social. <http://www.minsa.gob.pe/covid-19/?op=6>
- Ministerio de Salud del Perú. (2021). *REUNIS: Repositorio Único Nacional de Información en Salud*. Ministerio de Salud. Recuperado 29 de junio de 2022, de <https://www.minsa.gob.pe/reunis/data/vacunas-covid19.asp>
- Munro, A.P.S., & Faust, S.N. (2020). Children are not COVID-19 super spreaders: time to go back to school. *Arch Dis Child*. Epub ahead of print:13 June 2020. DOI:10.1136/archdischild-2020-319474
- Organización Mundial de la Salud. (2013). Seguridad peatonal. Manual de seguridad vial para instancias decisorias y profesionales. https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/128043/9789243505350_spa.pdf;jsessionid=0FABE6F6413011F9523115B877057FED?sequence=1
- Organización Mundial de la Salud. (2021). Brote de enfermedad por coronavirus (COVID-19): orientaciones para el público. <https://www.who.int/es/emergencias/diseases/novel-coronavirus-2019/advide-for-public>.
- Oxford Languages. (s.f). Pelotón. En Oxford Léxico. Recuperado el 11 de julio de 2020, de <https://www.lexico.com/es/definicion/peloton>
- PTV Group. (2018). PTV Vissim 10. User Manual. <https://usermanual.wiki/Document/Vissim20102020Manual.1098038624.pdf>
- PTV Group. (2021, 23 junio). PTV Viswalk. PTV-Group. <https://www.ptvgroup.com/es/soluciones/productos/ptv-viswalk/>

- Rahayuningsih T., Pranoto, Nindyawati, Sri B., Aqfa M., Mardhika S.(2017). Mapping of Pedestrian Characteristics and Level of Service for Facilities at Universitas Negeri Malang Using Geographic Information System [Archivo PDF]. <https://aip.scitation.org/doi/pdf/10.1063/1.5003540#:~:text=The%20pedestrian%20density%20is%20the,afternoon%20by%200.037%20people%20%2F%20m2.>
- Rastogi R., Ilango T., Chanda S. (2013). Pedestrian Flow Characteristics for Different Pedestrian Facilities and Situations. <https://core.ac.uk/download/pdf/41176969.pdf>
- Resolucion viceministerial N° 100 de 2020 [Ministerio de Educación]. Criterios de Diseño para Institutos y Escuelas de Educación Superior Pedagógica. 01 de junio de 2020
- Roca, V. (2010, mayo 5). Aplicación de modelos de microsimulación en la ingeniería del tránsito. Revista VIAL. <https://revistavial.com/aplicacion-de-modelos-de-microsimulacion-en-la-ingenieria-del-transito/>
- Shi, J., Chen, Y., Ren, F., & Rong, J. (2007). Research on Pedestrian Behavior and Traffic Characteristics at Unsignalized Midblock Crosswalk: Case Study in Beijing. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2038, 23–33
- Schroeder, B. J., & Roupail, N. M. (2011). Event-Based Modeling of Driver Yielding Behavior at Unsignalized Crosswalks. *Journal of Transportation Engineering*, 137(7), 455–465
- Talavera, R., Soria, J., Valenzuela, L.M. (2012). La calidad peatonal como método para evaluar entornos de movilidad urbana. *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 60(1), 161-187. https://ddd.uab.cat/pub/dag/dag_a2014m1-4v60n1/dag_a2014m1-4v60n1p161.pdf
- Tavakoli, S. (2017) Pedestrian movement and its effect on sociability of public spaces <https://kth.diva-portal.org/smash/get/diva2:1145398/FULLTEXT01.pdf>

- Teknomo K. (2012). Microscopic Pedestrian Flow Characteristics: Development of an Image Processing Data Collection and Simulation Model. Tohoku University. <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1610/1610.00029.pdf>
- Torres, C. A. (2010). Metodología de investigación (Tercera ed.). Bogotá, Colombia: Pearson Education.
- Transportation Research Board (2010). Highway Capacity Manual (HCM). Editorial. Universidad de Boston. (2020). Shared common spaces. Back 2 Bu. <https://www.bu.edu/back2bu/campus-life-undergraduates/student-health-safety/shared-common-spaces/>
- Viner, R.M., Russell, J., Croker, H., Packer, J., Ward, J., Stansfield, C & Booy, R. (2020). School closure and management practices during coronavirus outbreaks including COVID-19: a rapid systematic review. *The Lancet Child & Adolescent Health*, 4(5), 397- 404. DOI:10.1016/S2352-4642(20)30095-X
- Wang W., Zhang J. Li H., Xie Q. (2020). Experimental study on unidirectional pedestrian flows in a corridor with a fixed obstacle and a temporary obstacle. *Sciencedirect*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378437120306208>

ANEXOS

A. Cronograma de uso de aulas en Semana de exámenes Ciclo 2019-2

Tabla 42.

Cronograma de uso de aulas en semana de exámenes el ciclo 19-2, un día Lunes en el piso 2

Dia Hora	LUNES								Total
	A201	A202	A203	A204	A206	T1	A207	SSHH	
7 a.m.									0
8 a.m.			E 22						22
9 a.m.									0
10 a.m.									0
11 a.m.			E 22						22
11:30 a. m.				E 27					27
12 a.m.									0
13 p.m.									0
14 p.m.									0
14:30 p.m.				E 27					27
15 p.m.									0
16 p.m.									0
17 p.m.									0
18 p.m.									0
18:30 p.m.							E 30		30
19 p.m.									0
20 p.m.									0
21 p.m.									0
21:30 p.m.							E 30		30
22 p.m.									0

Nota. Fuente: Propia, adaptada del "Itinerario de aulas del ciclo 2019-2" proporcionado por el área de Infraestructura de la PUCP, 2021.

Tabla 43.

Cronograma de uso de aulas en semana de exámenes el ciclo 19-2, un día Martes en el piso 2

Dia Hora	MARTES								Total
	A201	A202	A203	A204	A206	T1	A207	SSHH	
7 a.m.									0
8 a.m.	E 16	E 16			E 27		E 26		85
9 a.m.									0
10 a.m.									0
11 a.m.	E 16	E 16			E 27		E 26		85
11:30 a. m.			E 45						45
12 a.m.									0
13 p.m.									0
14 p.m.									0
14:30 p.m.			E 45						45
15 p.m.									0
16 p.m.									0
17 p.m.									0
18 p.m.									0
19 p.m.									0
20 p.m.									0
21 p.m.									0
22 p.m.									0

Nota. Fuente: Propia, adaptada del "Itinerario de aulas del ciclo 2019-2" proporcionado por el área de Infraestructura de la PUCP, 2021.

Tabla 44.
Cronograma de uso de aulas en semana de exámenes el ciclo 19-2, un día Miércoles en el piso 2

Día		MIÉRCOLES								Total
Hora	A201	A202	A203	A204	A206	T1	A207	SSH	Total	
7 a.m.									0	
8 a.m.	E 33	E 32	E 32	E 32	E 31				160	
9 a.m.									0	
10 a.m.									0	
11 a.m.	E 33	E 32	E 32	E 32	E 31				160	
11:30 a.m.	E 13		E 13		E 22		E 41		89	
12 a.m.									0	
13 p.m.									0	
14 p.m.									0	
14:30 p.m.	E 13		E 13		E 22		E 41		89	
15 p.m.	E 30	E 29	E 28	E 27	E 27		E 27		168	
16 p.m.									0	
17 p.m.									0	
18 p.m.	E 30	E 29	E 28	E 27	E 27		E 27		168	
18:30 p.m.									0	
19 p.m.									0	
20 p.m.									0	
21 p.m.									0	
21:30 p.m.									0	
22 p.m.									0	

Nota. Fuente: Propia, adaptada del “Itinerario de aulas del ciclo 2019-2” proporcionado por el área de Infraestructura de la PUCP, 2021.

Tabla 46.
Cronograma de uso de aulas en semana de exámenes el ciclo 19-2, un día Viernes en el piso 2

Día		VIERNES								Total
Hora	A201	A202	A203	A204	A206	T1	A207	SSH	Total	
7 a.m.									0	
8 a.m.	E 28	E 27	E 19		E 19		E 8		101	
9 a.m.									0	
10 a.m.									0	
11 a.m.	E 28	E 27	E 19		E 19		E 8		101	
11:30 a.m.	E 22	E 21			E 22		E 22		87	
12 a.m.									0	
13 p.m.									0	
14 p.m.									0	
14:30 p.m.	E 22	E 21			E 22		E 22		87	
15 p.m.	E 21	E 21	E 21		E 20				83	
16 p.m.									0	
17 p.m.									0	
18 p.m.	E 21	E 21	E 21		E 20				83	
18:30 p.m.									0	
19 p.m.									0	
20 p.m.									0	
21 p.m.									0	
21:30 p.m.									0	
22 p.m.									0	

Nota. Fuente: Propia, adaptada del “Itinerario de aulas del ciclo 2019-2” proporcionado por el área de Infraestructura de la PUCP, 2021.

Tabla 45.
Cronograma de uso de aulas en semana de exámenes el ciclo 19-2, un día Jueves en el piso 2

Día		JUEVES								Total
Hora	A201	A202	A203	A204	A206	T1	A207	SSH	Total	
7 a.m.									0	
8 a.m.			E 31		E 31				62	
9 a.m.									0	
10 a.m.									0	
11 a.m.			E 31		E 31				62	
11:30 a.m.		E 13		E 13		E 22		E 41	89	
12 a.m.									0	
13 p.m.									0	
14 p.m.									0	
14:30 p.m.		E 13		E 13		E 22		E 41	89	
15 p.m.	E 28	E 28	E 28	E 29	E 29	E 11			126	
16 p.m.									0	
17 p.m.									0	
18 p.m.	E 28	E 28	E 28	E 29	E 29	E 11			126	
18:30 p.m.	E 25	E 19	E 19	E 20	E 20	E 27		E 25	143	
19 p.m.									0	
20 p.m.									0	
21 p.m.									0	
21:30 p.m.	E 25	E 19	E 19	E 20	E 20	E 27		E 25	143	
22 p.m.									0	

Nota. Fuente: Propia, adaptada del “Itinerario de aulas del ciclo 2019-2” proporcionado por el área de Infraestructura de la PUCP, 2021.

Tabla 47.
Cronograma de uso de aulas en semana de exámenes el ciclo 19-2, un día Miércoles en el piso 3

Día		MIÉRCOLES								Total
Hora	A301	A302	A303	A305	A307	T1	T2	A308	SSH	Total
7 a.m.										0
8 a.m.	E 35	E 34		E 31						100
9 a.m.										0
10 a.m.										0
11 a.m.	E 35	E 34		E 31						100
11:30 a.m.										0
12 a.m.										0
13 p.m.										0
14 p.m.										0
14:30 p.m.										0
15 p.m.	E 24	E 24		E 28	E 27					103
16 p.m.										0
17 p.m.										0
18 p.m.	E 24	E 24		E 28	E 27					103
18:30 p.m.										0
19 p.m.										0
20 p.m.										0
21 p.m.										0
21:30 p.m.										0
22 p.m.										0

Nota. Fuente: Propia, adaptada del “Itinerario de aulas del ciclo 2019-2” proporcionado por el área de Infraestructura de la PUCP, 2021.

Tabla 48.
Cronograma de uso de aulas en semana de exámenes el ciclo 19-2, un día Jueves en el piso 3

Dia Hora	JUEVES										Total
	A301	A302	A303	A305	A307	T1	T2	A308	SSH#		
7 a.m.											0
8 a.m.	E 33	E 32	E 31	E 30							126
9 a.m.											0
10 a.m.											0
11 a.m.	E 33	E 32	E 31	E 30							126
11:30 a. m.	E 26										26
12 a.m.											0
13 p.m.											0
14 p.m.											0
14:30 p.m.	E 26										26
15 p.m.	E 46	E 29	E 29	E 29	E 29	E 29					162
16 p.m.											0
17 p.m.											0
18 p.m.	E 46	E 29	E 29	E 29	E 29	E 29					162
18:30 p.m.	E 26	E 26	E 26	E 25							91
19 p.m.											0
20 p.m.											0
21 p.m.											0
21:30 p.m.	E 26	E 26	E 26	E 25							91
22 p.m.											0

Nota. Fuente: Propia, adaptada del “Itinerario de aulas del ciclo 2019-2” proporcionado por el área de Infraestructura de la PUCP, 2021.

Tabla 50.
Cronograma de uso de aulas en semana de exámenes el ciclo 19-2, un día Martes en el piso 4

Dia Hora	MARTES										Total
	A401	A402	A403	A405	T1	T2	A406	A408	SSH#		
7 a.m.											0
8 a.m.				E 29			E 28				57
9 a.m.											0
10 a.m.											0
11 a.m.				E 29			E 28				57
11:30 a. m.											0
12 a.m.											0
13 p.m.											0
14 p.m.											0
14:30 p.m.											0
15 p.m.	E 34	E 33	E 34	E 14	E 33						148
16 p.m.											0
17 p.m.											0
18 p.m.	E 34	E 33	E 34	E 14	E 33						148
18:30 p.m.			E 33								33
19 p.m.											0
20 p.m.											0
21 p.m.											0
21:30 p.m.			E 33								33
22 p.m.											0

Nota. Fuente: Propia, adaptada del “Itinerario de aulas del ciclo 2019-2” proporcionado por el área de Infraestructura de la PUCP, 2021.

Tabla 49.
Cronograma de uso de aulas en semana de exámenes el ciclo 19-2, un día Jueves en el piso 3

Dia Hora	VIERNES										Total
	A301	A302	A303	A305	A307	T1	T2	A308	SSH#		
7 a.m.											0
8 a.m.	E 27	E 27	E 29	E 28	E 17						128
9 a.m.											0
10 a.m.											0
11 a.m.	E 27	E 27	E 29	E 28	E 17						128
11:30 a. m.			E 21	E 20							41
12 a.m.											0
13 p.m.											0
14 p.m.											0
14:30 p.m.			E 21	E 20							41
15 p.m.	E 20	E 20									40
16 p.m.											0
17 p.m.											0
18 p.m.	E 20	E 20									40
18:30 p.m.		E 43		E 40							83
19 p.m.											0
20 p.m.											0
21 p.m.											0
21:30 p.m.		E 43		E 40							83
22 p.m.											0

Nota. Fuente: Propia, adaptada del “Itinerario de aulas del ciclo 2019-2” proporcionado por el área de Infraestructura de la PUCP, 2021.

Tabla 51.
Cronograma de uso de aulas en semana de exámenes el ciclo 19-2, un día Miércoles en el piso 4

Dia Hora	MIÉRCOLES										Total
	A401	A402	A403	A405	T1	T2	A406	A408	SSH#		
7 a.m.											0
8 a.m.			E 31	E 30			E 31				92
9 a.m.											0
10 a.m.											0
11 a.m.			E 31	E 30			E 31				92
11:30 a. m.											0
12 a.m.											0
13 p.m.											0
14 p.m.											0
14:30 p.m.											0
15 p.m.	E 27	E 28	E 27	E 25			E 26				133
16 p.m.											0
17 p.m.											0
18 p.m.	E 27	E 28	E 27	E 25			E 26				133
18:30 p.m.											0
19 p.m.											0
20 p.m.											0
21 p.m.											0
21:30 p.m.											0
22 p.m.											0

Nota. Fuente: Propia, adaptada del “Itinerario de aulas del ciclo 2019-2” proporcionado por el área de Infraestructura de la PUCP, 2021.

Tabla 52.
Cronograma de uso de aulas en semana de exámenes el ciclo 19-2, un día Lunes en el piso 6

Dia		LUNES					SSHJ	Total
Hora	A601	A602	A603	A605	A607			
7 a.m.							0	
8 a.m.	E 21	E 20	E 20	E 20			81	
9 a.m.							0	
10 a.m.							0	
11 a.m.	E 21	E 20	E 20	E 20			81	
11:30 a.m.							0	
12 a.m.							0	
13 p.m.							0	
14 p.m.							0	
14:30 p.m.							0	
15 p.m.				E 27	E 26		53	
16 p.m.							0	
17 p.m.							0	
18 p.m.				E 27	E 26		53	
18:30 p.m.			E 21	E 36	E 21		78	
19 p.m.							0	
20 p.m.							0	
21 p.m.							0	
21:30 p.m.			E 21	E 36	E 21		78	
22 p.m.							0	

Nota. Fuente: Propia, adaptada del “Itinerario de aulas del ciclo 2019-2” proporcionado por el área de Infraestructura de la PUCP, 2021.

Tabla 54.
Cronograma de uso de aulas en semana de exámenes el ciclo 19-2, un día Miércoles en el piso 6

Dia		MIÉRCOLES					SSHJ	Total
Hora	A601	A602	A603	A605	A607			
7 a.m.							0	
8 a.m.					E 31		31	
9 a.m.							0	
10 a.m.							0	
11 a.m.					E 31		31	
11:30 a.m.	E 40	E 40					80	
12 a.m.							0	
13 p.m.							0	
14 p.m.							0	
14:30 p.m.	E 40	E 40					80	
15 p.m.				E 39	E 25		64	
16 p.m.							0	
17 p.m.							0	
18 p.m.				E 39	E 25		64	
18:30 p.m.							0	
19 p.m.							0	
20 p.m.							0	
21 p.m.							0	
21:30 p.m.							0	
22 p.m.							0	

Nota. Fuente: Propia, adaptada del “Itinerario de aulas del ciclo 2019-2” proporcionado por el área de Infraestructura de la PUCP, 2021.

Tabla 53.
Cronograma de uso de aulas en semana de exámenes el ciclo 19-2, un día Martes en el piso 6

Dia		MARTES					SSHJ	Total
Hora	A601	A602	A603	A605	A607			
7 a.m.							0	
8 a.m.	E 25	E 25					50	
9 a.m.							0	
10 a.m.							0	
11 a.m.	E 25	E 25					50	
11:30 a.m.	E 37	E 39					76	
12 a.m.							0	
13 p.m.							0	
14 p.m.							0	
14:30 p.m.	E 37	E 39					76	
15 p.m.	E 34	E 33	E 34	E 33			134	
16 p.m.							0	
17 p.m.							0	
18 p.m.	E 34	E 33	E 34	E 33			134	
18:30 p.m.							0	
19 p.m.							0	
20 p.m.							0	
21 p.m.							0	
21:30 p.m.							0	
22 p.m.							0	

Nota. Fuente: Propia, adaptada del “Itinerario de aulas del ciclo 2019-2” proporcionado por el área de Infraestructura de la PUCP, 2021.

Tabla 55.
Cronograma de uso de aulas en semana de exámenes el ciclo 19-2, un día Jueves en el piso 6

Dia		JUEVES					SSHJ	Total
Hora	A601	A602	A603	A605	A607			
7 a.m.							0	
8 a.m.			E 32	E 32	E 31		95	
9 a.m.							0	
10 a.m.							0	
11 a.m.			E 32	E 32	E 31		95	
11:30 a.m.							0	
12 a.m.							0	
13 p.m.							0	
14 p.m.							0	
14:30 a.m.							0	
15 p.m.					E 29		29	
16 p.m.							0	
17 p.m.							0	
18 p.m.					E 29		29	
18:30 p.m.					E 23		23	
19 p.m.							0	
20 p.m.							0	
21 p.m.							0	
21:30 p.m.					E 23		23	
22 p.m.							0	

Nota. Fuente: Propia, adaptada del “Itinerario de aulas del ciclo 2019-2” proporcionado por el área de Infraestructura de la PUCP, 2021.

Tabla 56.
Cronograma de uso de aulas en semana de exámenes el ciclo 19-2, un día Lunes en el piso 7

Di	LUNES						Total
Hora	A701	A702	A703	A705	A707	SSH	Total
7 a.m.							0
8 a.m.				E			34
9 a.m.							0
10 a.m.							0
11 a.m.				E			34
11:30 a.m.							0
12 a.m.							0
13 p.m.							0
14 p.m.							0
14:30 p.m.							0
15 p.m.	E	E	E	E	E		133
16 p.m.							0
17 p.m.							0
18 p.m.	E	E	E	E	E		133
18:30 p.m.	E	E	E	E	E		109
19 p.m.							0
20 p.m.							0
21 p.m.							0
21:30 p.m.	E	E	E	E	E		109
22 p.m.							0

Nota. Fuente: Propia, adaptada del “Itinerario de aulas del ciclo 2019-2” proporcionado por el área de Infraestructura de la PUCP, 2021.

Tabla 58.
Cronograma de uso de aulas en semana de exámenes el ciclo 19-2, un día Jueves en el piso 7

Di	JUEVES					SSH	Total
Hora	A701	A702	A703	A705	A707	SSH	Total
7 a.m.							0
8 a.m.	E	E	E	E	E		137
9 a.m.							0
10 a.m.							0
11 a.m.	E	E	E	E	E		137
11:30 a.m.							0
12 a.m.							0
13 p.m.							0
14 p.m.							0
14:30 a.m.							0
15 p.m.					E		29
16 p.m.							0
17 p.m.							0
18 p.m.					E		29
18:30 p.m.							0
19 p.m.							0
20 p.m.							0
21 p.m.							0
21:30 p.m.							0
22 p.m.							0

Nota. Fuente: Propia, adaptada del “Itinerario de aulas del ciclo 2019-2” proporcionado por el área de Infraestructura de la PUCP, 2021.

Tabla 57.
Cronograma de uso de aulas en semana de exámenes el ciclo 19-2, un día Martes en el piso 7

Di	MARTES						Total
Hora	A701	A702	A703	A705	A707	SSH	Total
7 a.m.							0
8 a.m.	E	E	E	E			113
9 a.m.							0
10 a.m.							0
11 a.m.	E	E	E	E			113
11:30 a.m.				E			18
12 a.m.							0
13 p.m.							0
14 p.m.							0
14:30 p.m.				F			18
15 p.m.							0
16 p.m.							0
17 p.m.							0
18 p.m.							0
18:30 p.m.							0
19 p.m.							0
20 p.m.							0
21 p.m.							0
21:30 p.m.							0
22 p.m.							0

Nota. Fuente: Propia, adaptada del “Itinerario de aulas del ciclo 2019-2” proporcionado por el área de Infraestructura de la PUCP, 2021.

Tabla 59.
Cronograma de uso de aulas en semana de exámenes el ciclo 19-2, un día Viernes en el piso 7

Di	VIERNES					SSH	Total
Hora	A701	A702	A703	A705	A707	SSH	Total
7 a.m.							0
8 a.m.	E	E	E	E			110
9 a.m.							0
10 a.m.							0
11 a.m.	E	E	E	E			110
11:30 a.m.							0
12 a.m.							0
13 p.m.							0
14 p.m.							0
14:30 p.m.							0
15 p.m.	E	E	E	E			103
16 p.m.							0
17 p.m.							0
18 p.m.	E	E	E	E			103
18:30 p.m.							0
19 p.m.							0
20 p.m.							0
21 p.m.							0
21:30 p.m.							0
22 p.m.							0

Nota. Fuente: Propia, adaptada del “Itinerario de aulas del ciclo 2019-2” proporcionado por el área de Infraestructura de la PUCP, 2021.

B. Lógicas del programa VISVAP

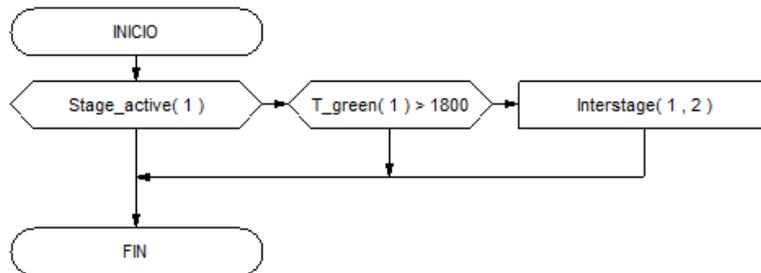


Figura 37. Lógica 1, salida primer grupo de las aulas

Nota. Fuente: Propia realizada en VisVap

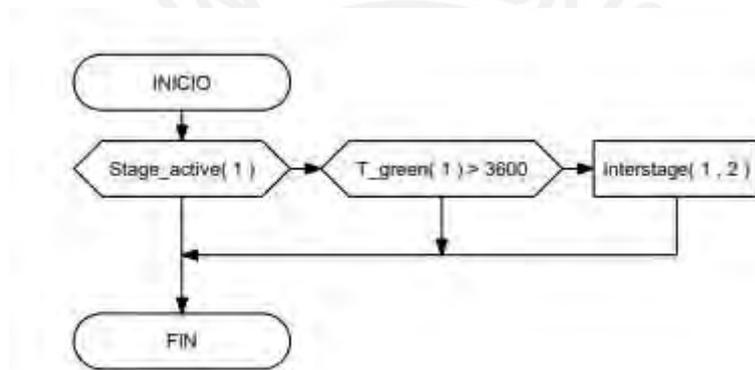


Figura 38. Lógica 2, salida segundo grupo de las aulas

Nota. Fuente: Propia realizada en VisVap

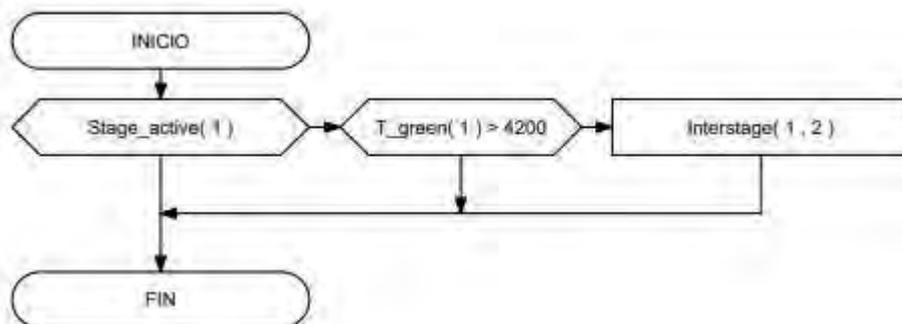


Figura 39. Lógica 2, ingreso de los usuarios a las aulas

Nota. Fuente: Propia realizada en VisVap

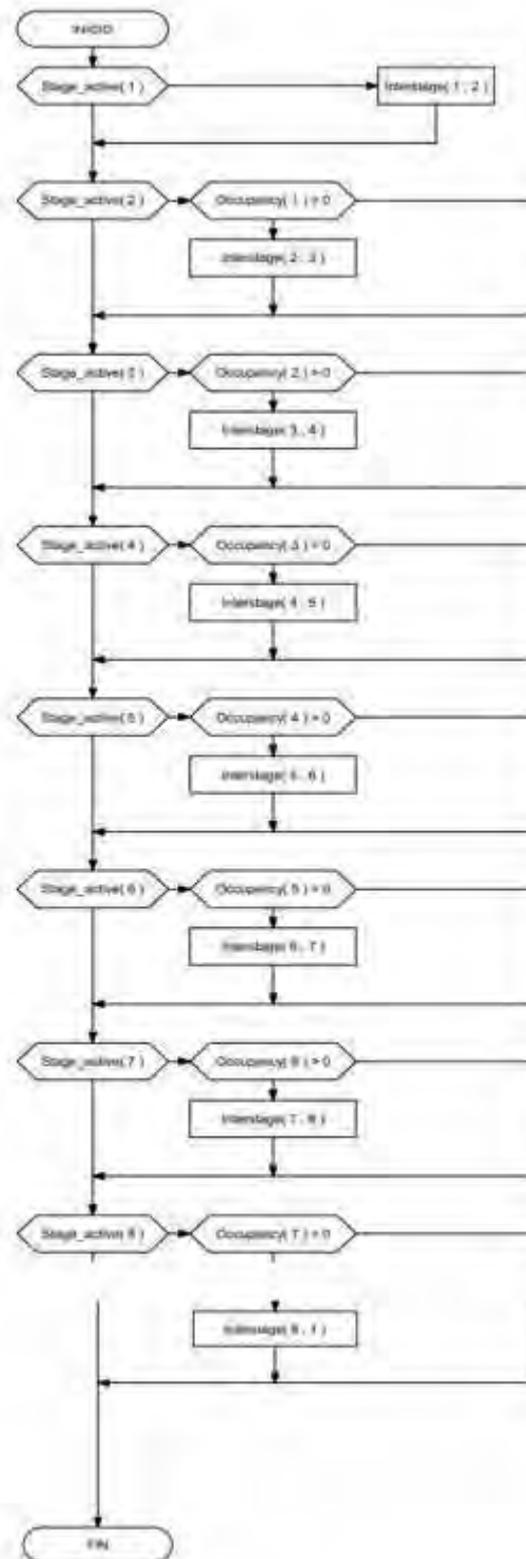


Figura 40. Lógica empleada para la salida de los usuarios de los salones mediante fases

Nota. Fuente: Propia realizada en VisVap

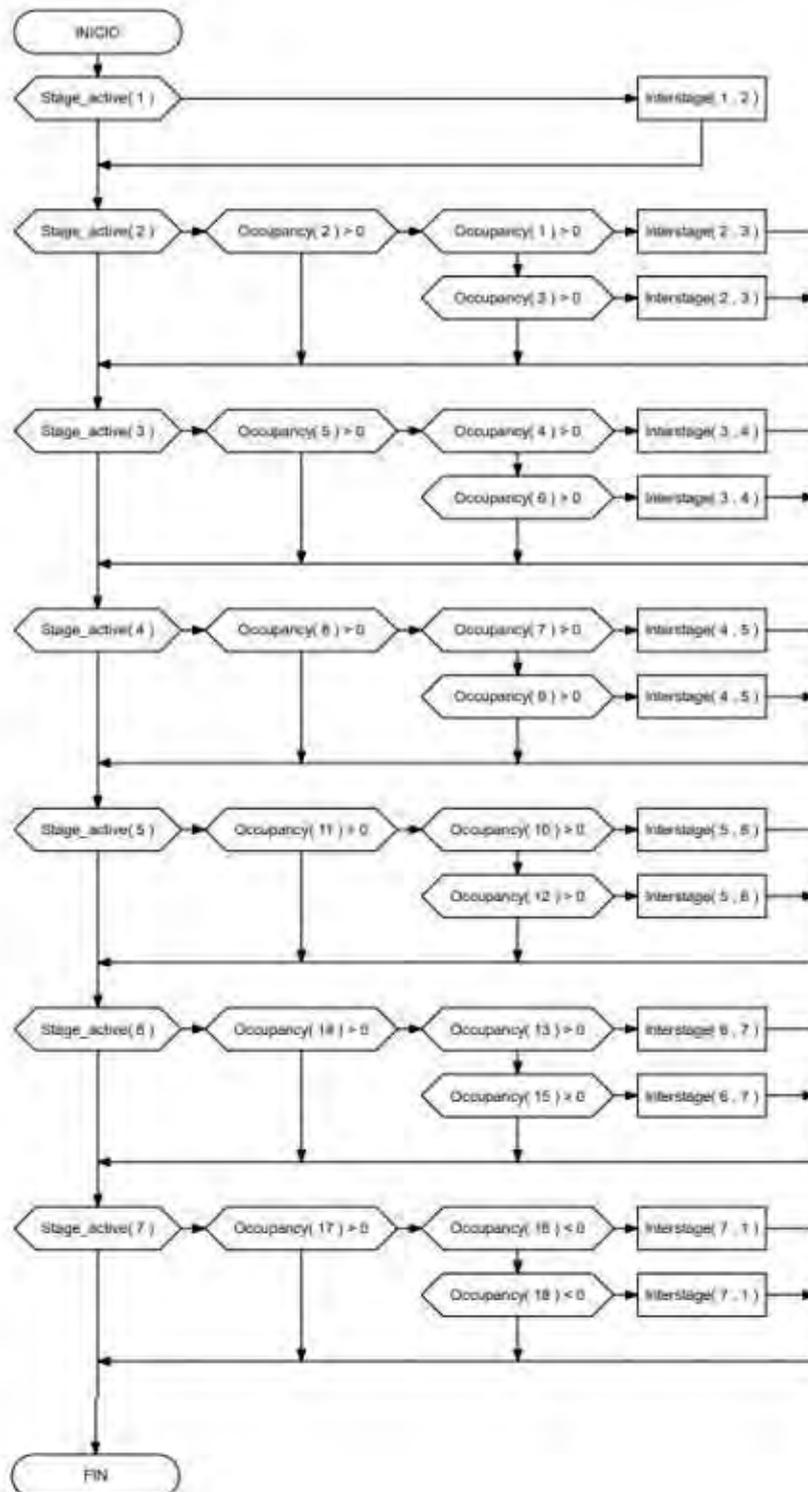


Figura 41. Lógica empleada para el ingreso de los usuarios a los salones mediante condicionales

Nota. Fuente: Propia realizada en VisVap

C. Diagrama de Rutas propuesta 3

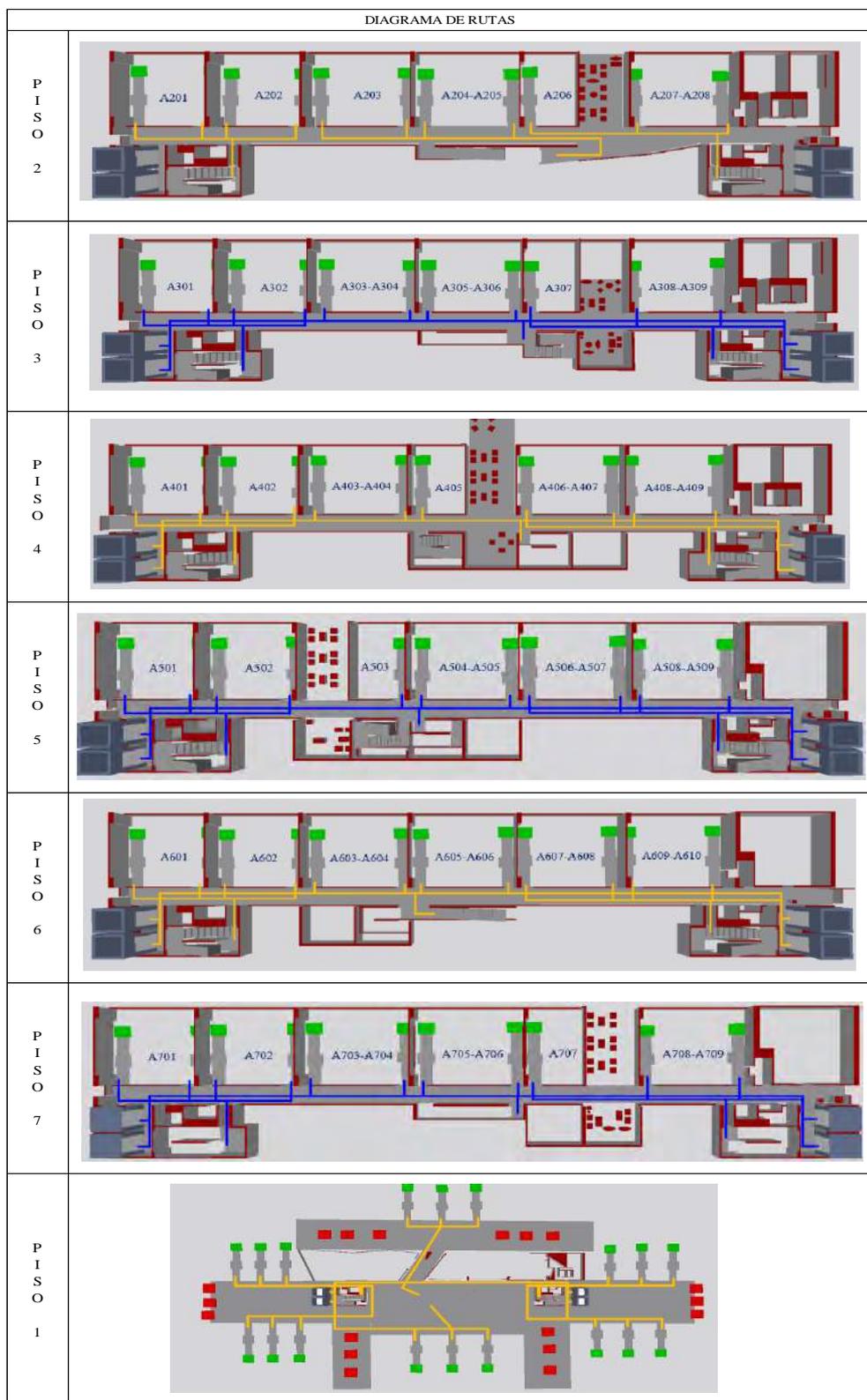


Figura 42. Diagrama de rutas de la propuesta N°03

Nota. Fuente: Propia modelada en Viswalk 2022 adaptada de “Planos del Pabellón A” proporcionado por el área de Infraestructura de la PUCP, 2021

D. Diagrama de fases propuesta 2

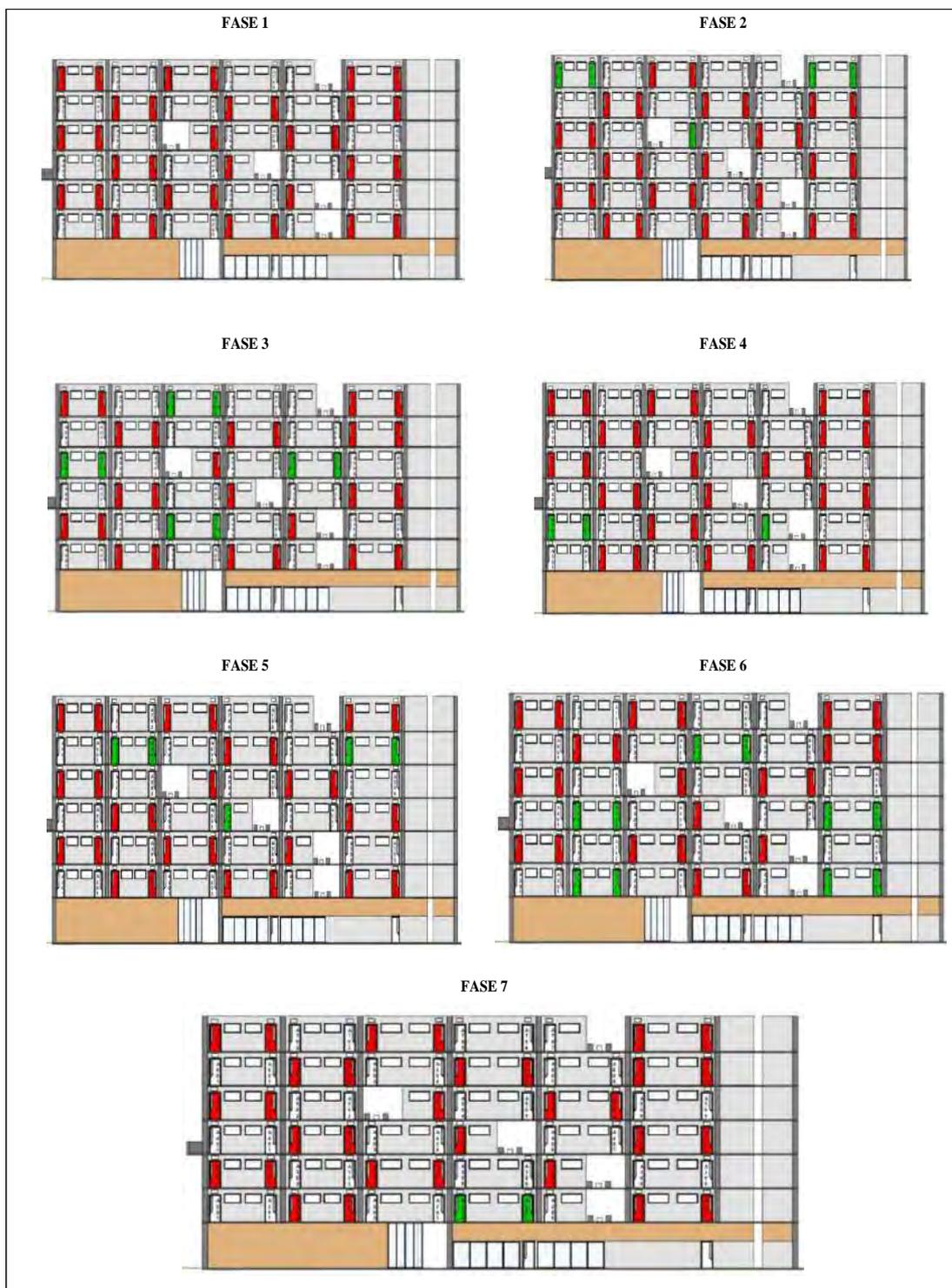


Figura 43. Diagrama de fases de la propuesta N° 02

Nota. Fuente: Propia modelada en Viswalk 2022 adaptada de “Planos del Pabellón A” proporcionado por el área de Infraestructura de la PUCP, 2021

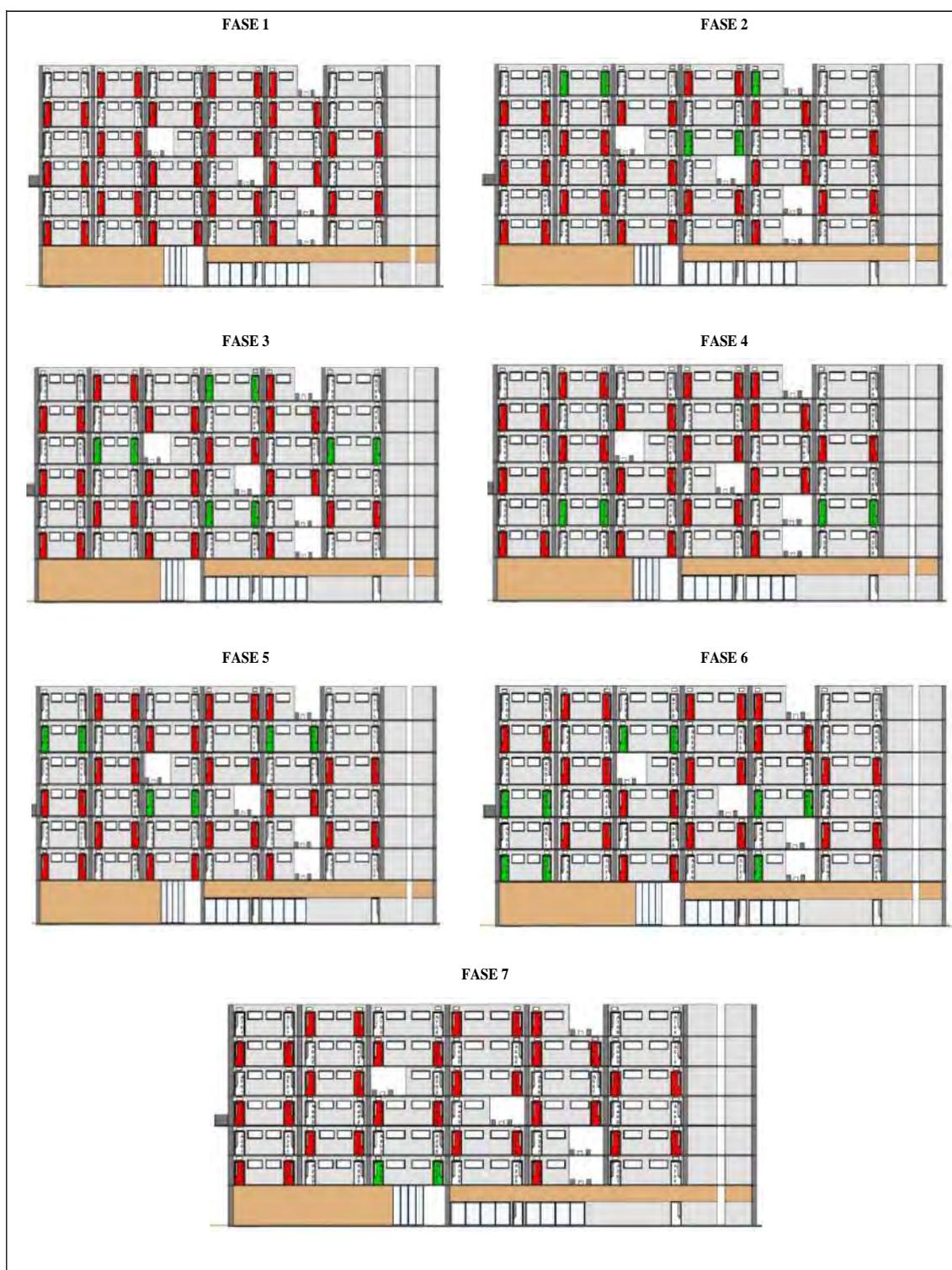


Figura 44. Diagrama de fases de la propuesta 02

Nota. Fuente: Propia modelada en Viswalk 2022 adaptada de “Planos del Pabellón A” proporcionado por el área de Infraestructura de la PUCP, 2021

E. Diagrama de fases propuesta 3

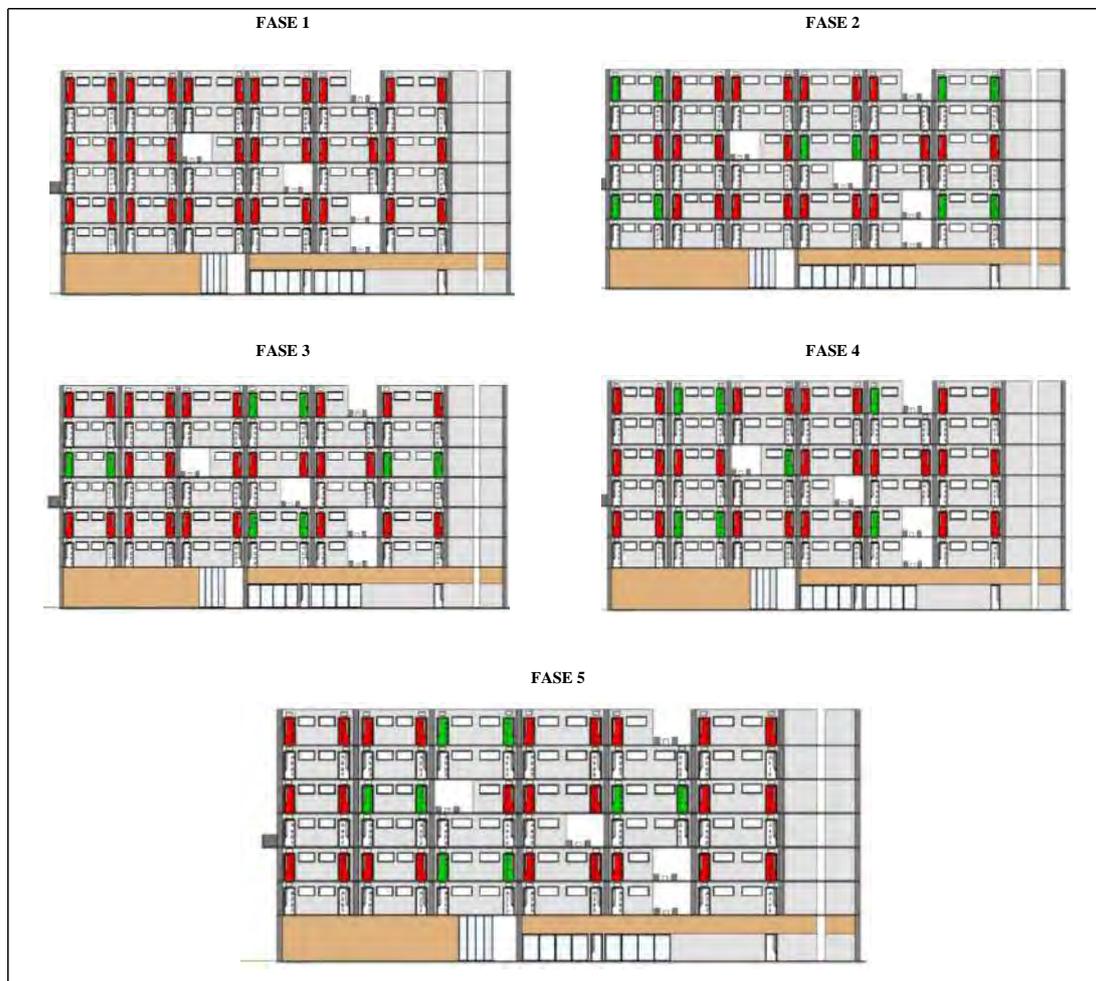


Figura 45. Diagrama de fases de la propuesta N° 03

Nota. Fuente: Propia modelada en Viswalk 2022 adaptada de “Planos del Pabellón A” proporcionado por el área de Infraestructura de la PUCP, 2021

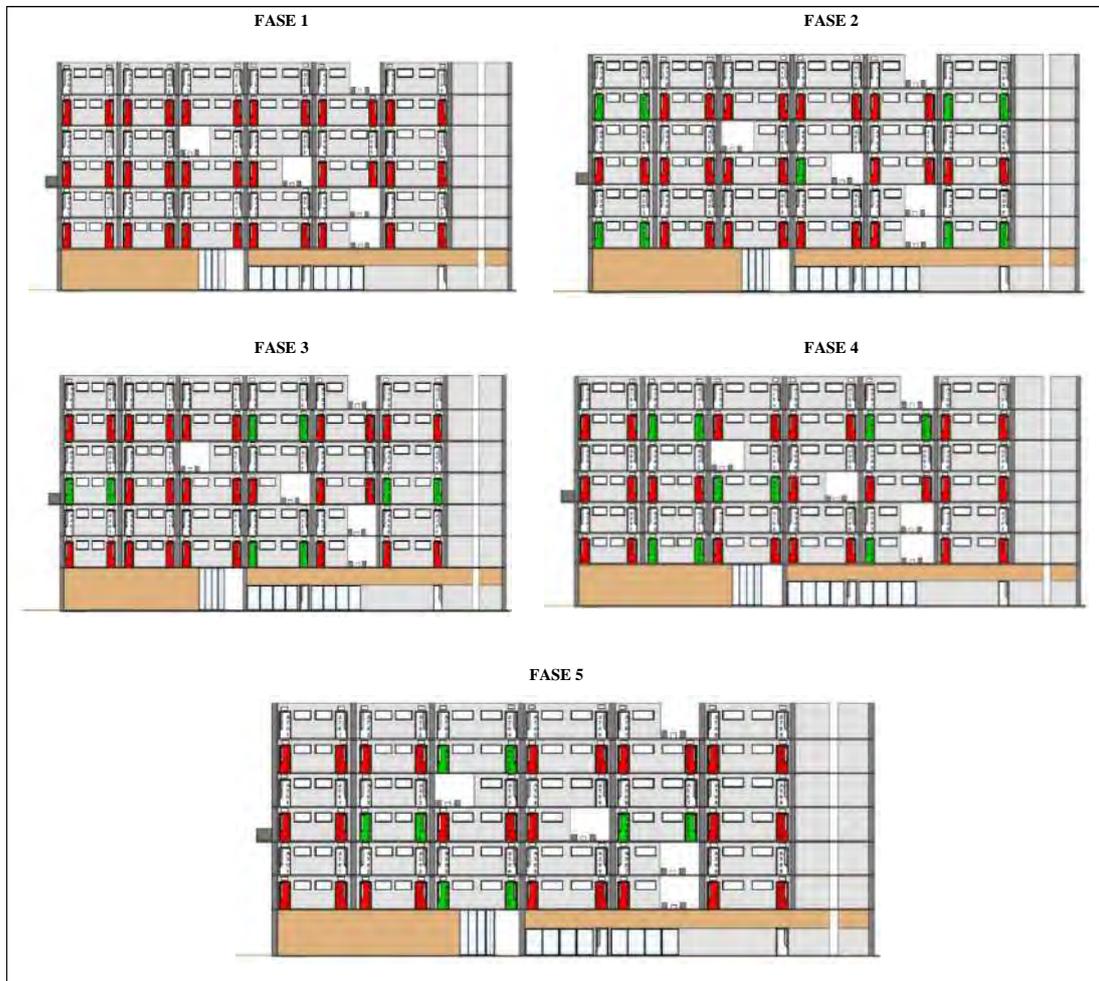
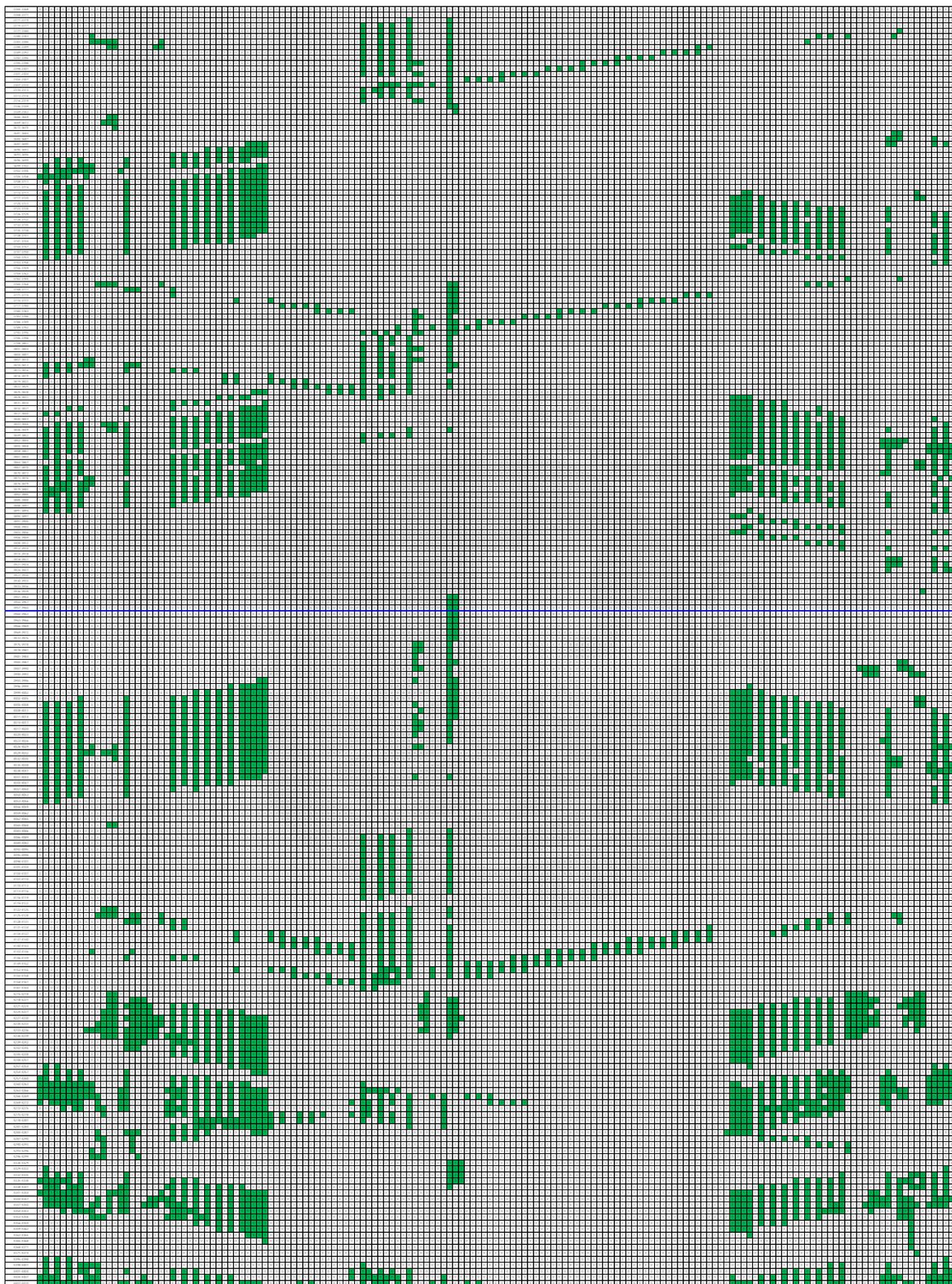


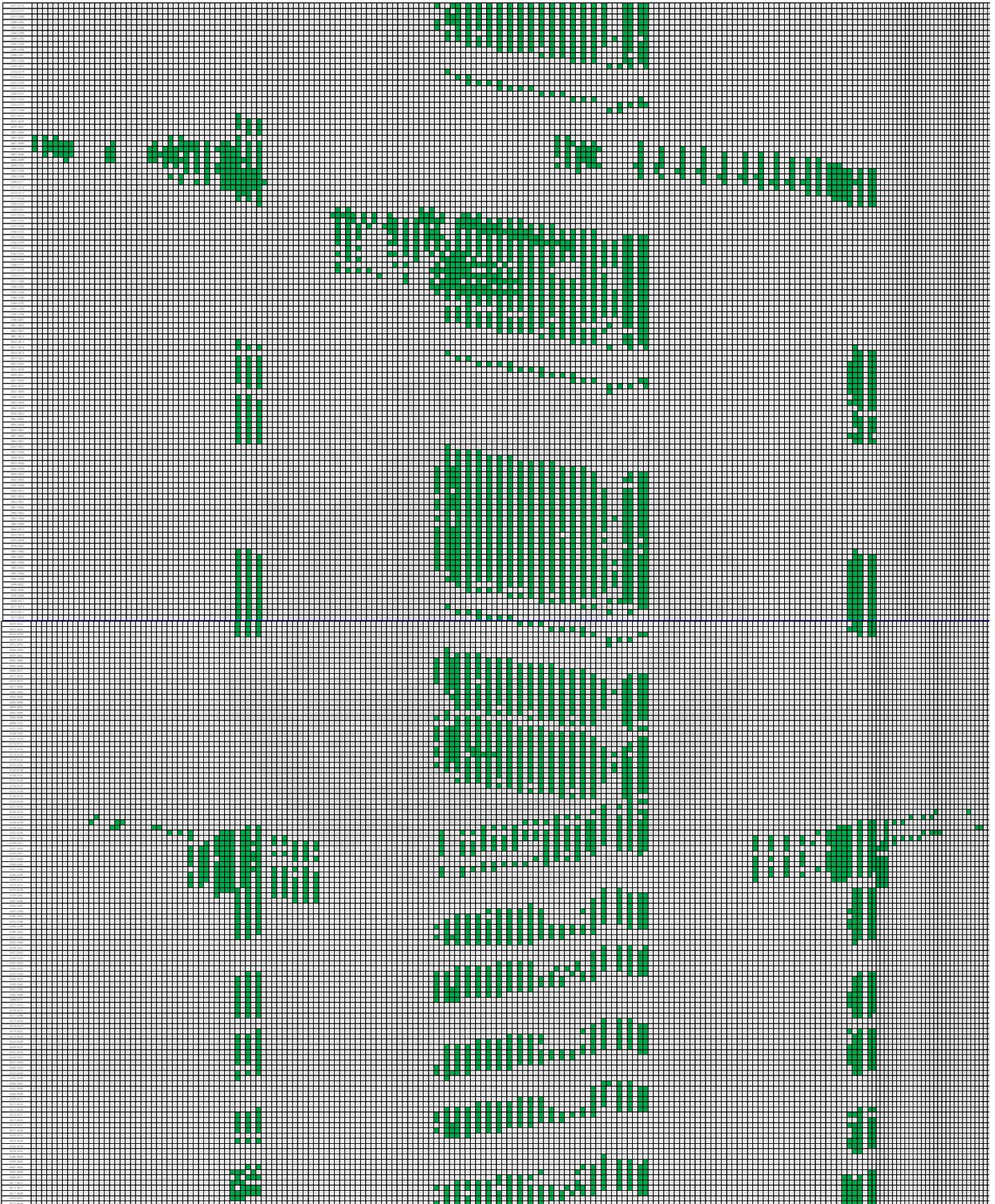
Figura 46. Diagrama de fases de la propuesta N°03

Nota. Fuente: Propia modelada en Viswalk 2022 adaptada de “Planos del Pabellón A” proporcionado por el área de Infraestructura de la PUCP, 2021

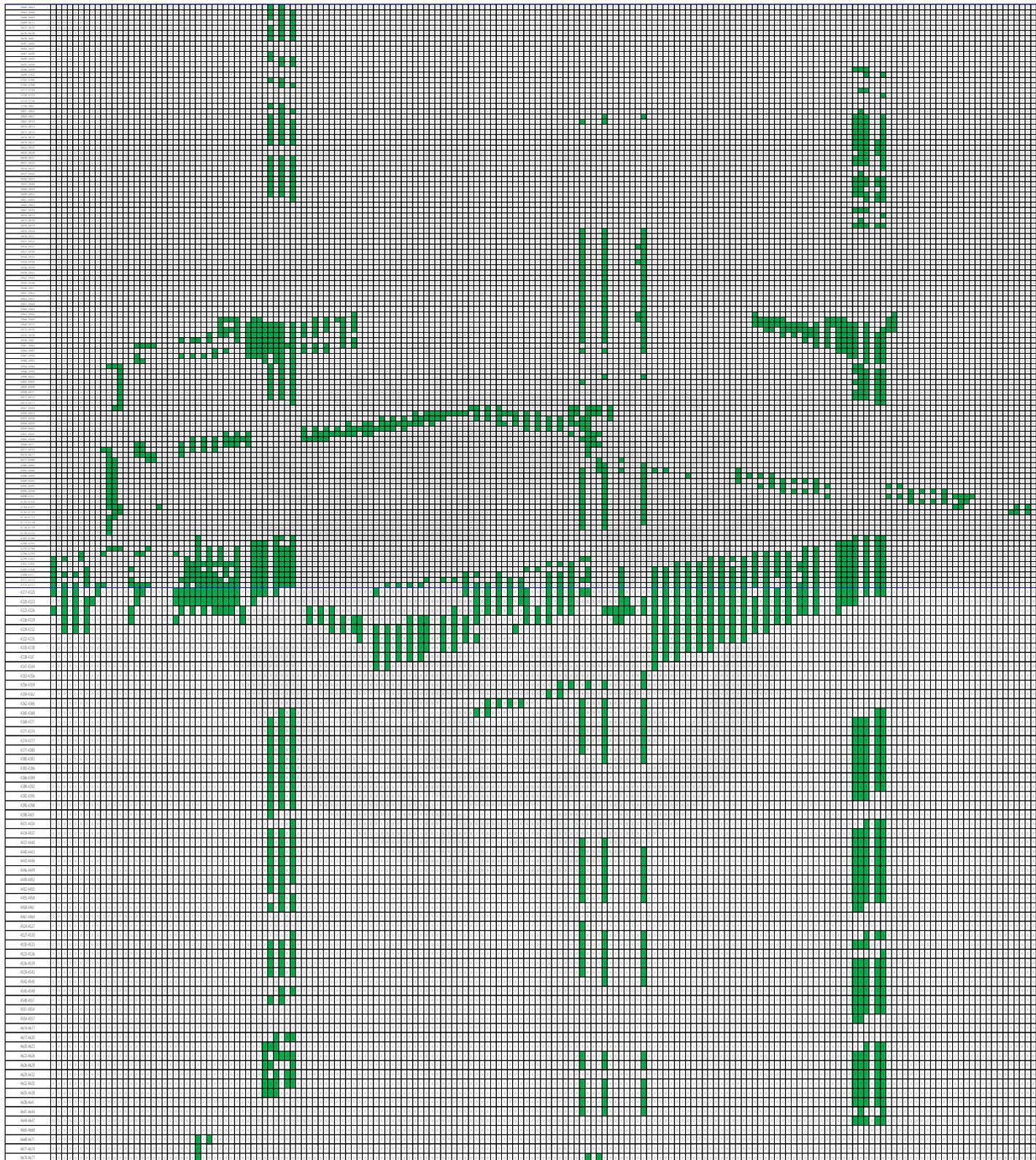




Nota: Fuente: Adaptada de resultados de simulación programa Vissim 2022

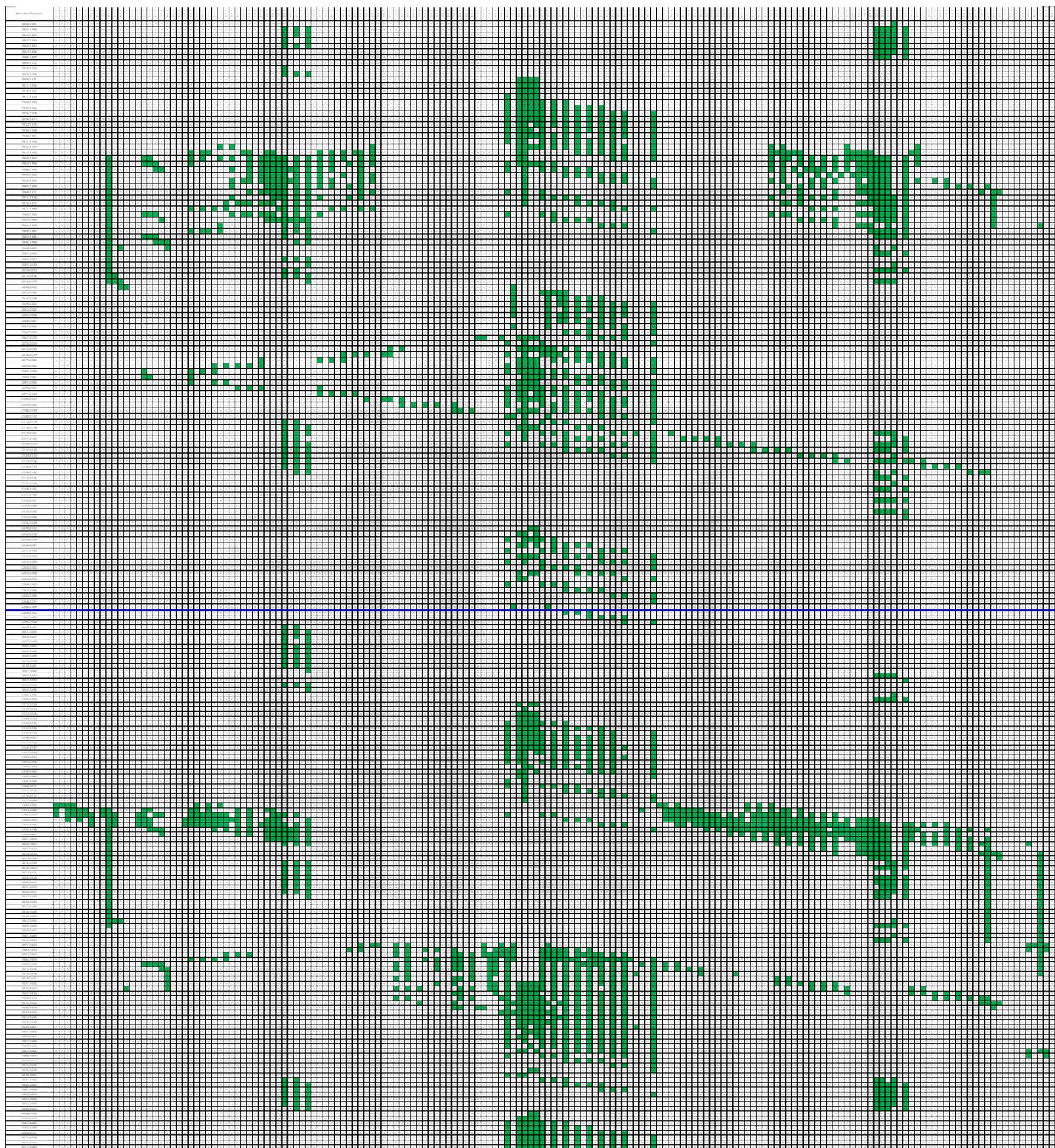


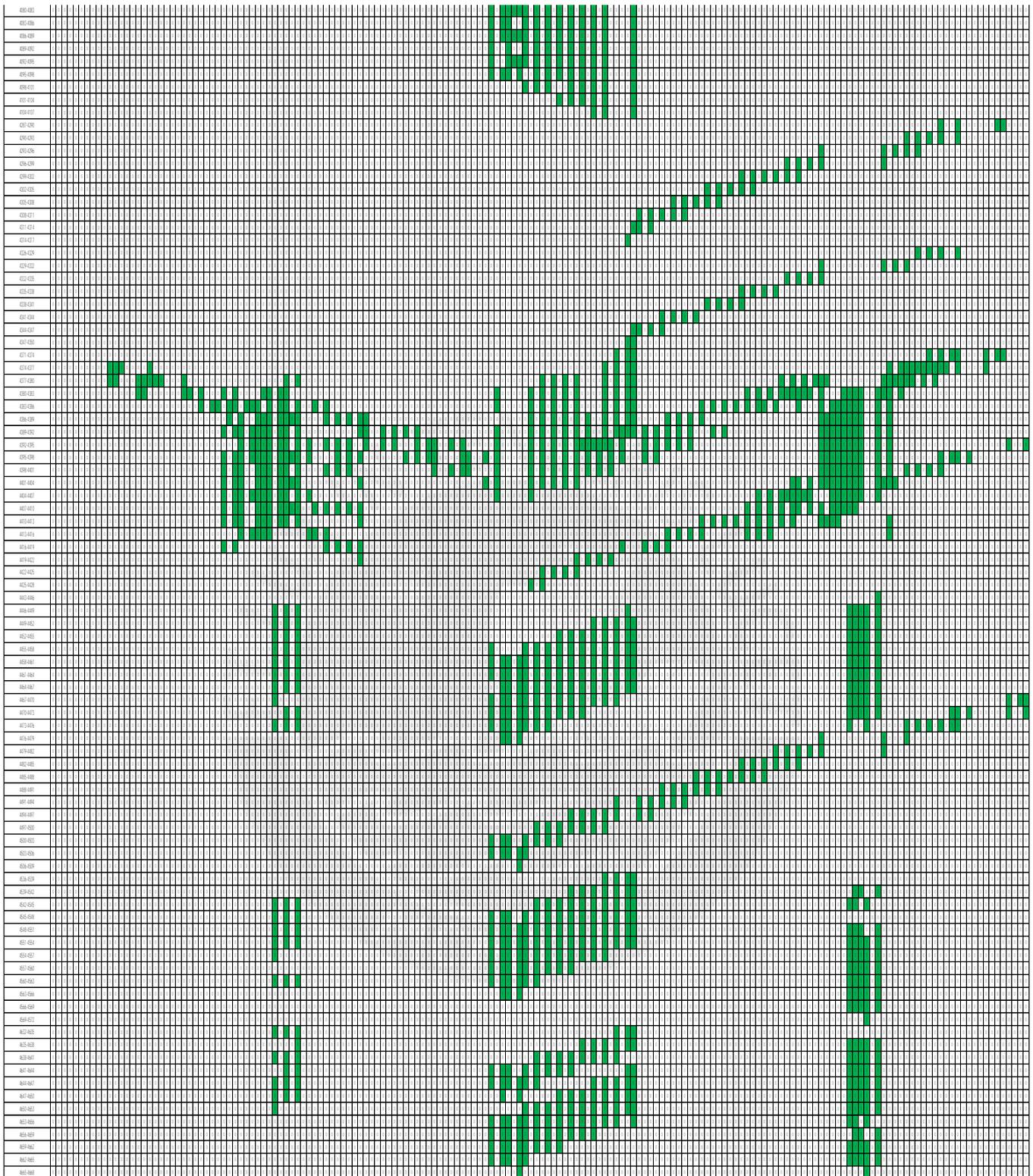
Nota: Fuente: Adaptada de resultados de simulación programa Vissim 2022



Nota: Fuente: Adaptada de resultados de simulación programa Vissim 2022

Tabla 63.
Resultados de cantidad de peatones para el piso 4

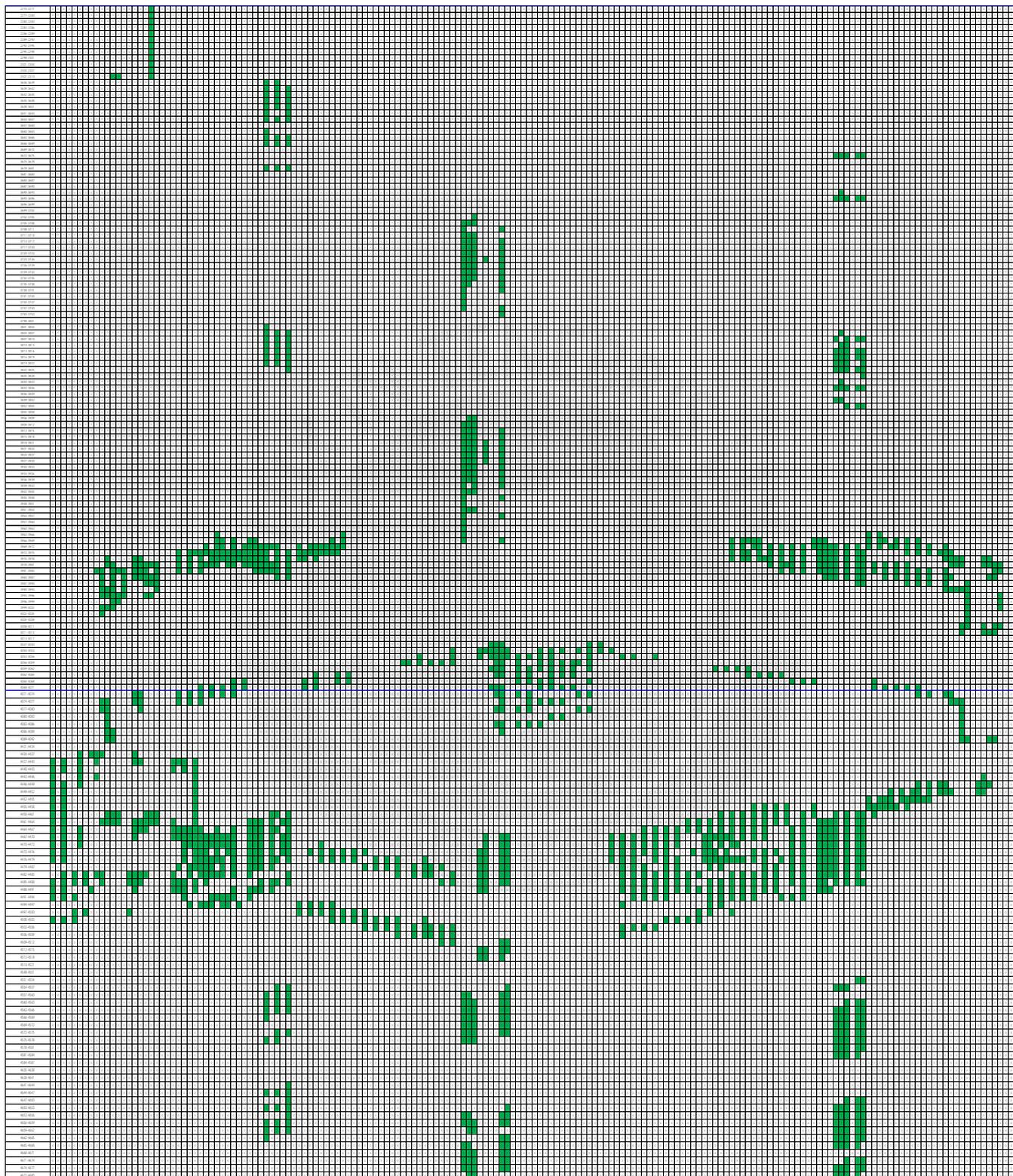




Nota: Fuente: Adaptada de resultados de simulación programa Vissim 2022

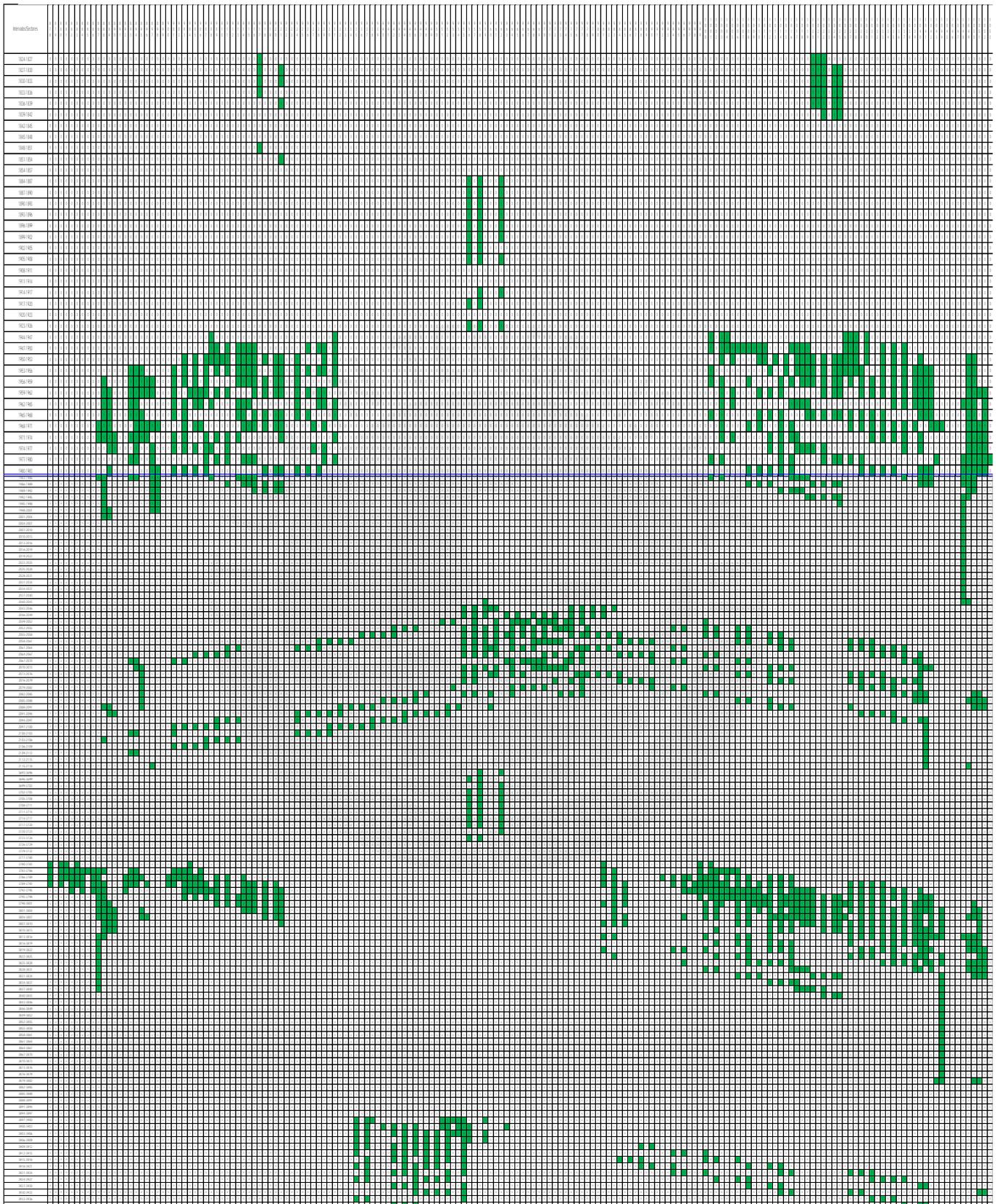
Tabla 64.
Resultados de cantidad de peatones para el piso 5





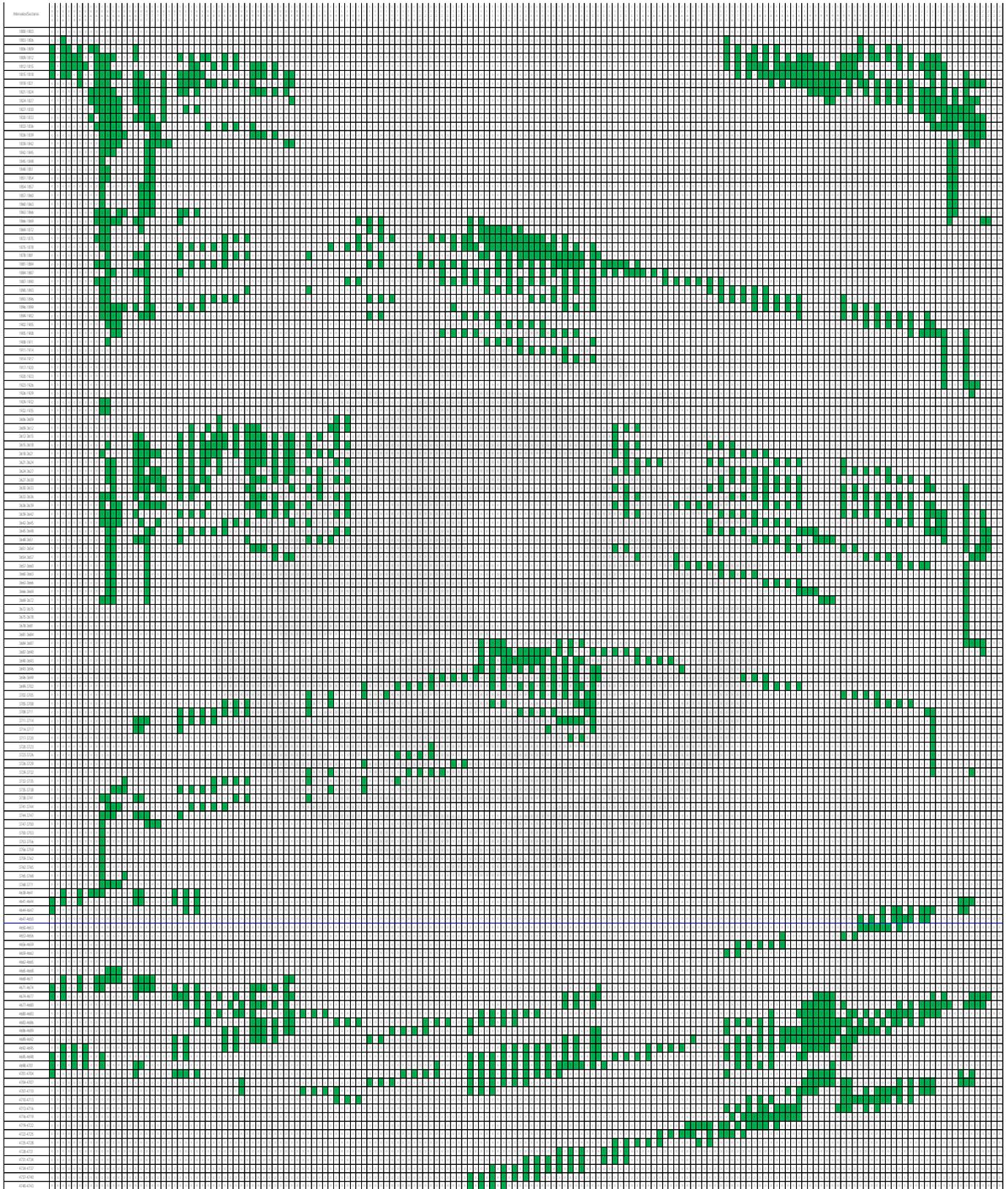
Nota: Fuente: Adaptada de resultados de simulación programa Vissim 2022

Tabla 65.
Resultados de cantidad de peatones para el piso 6

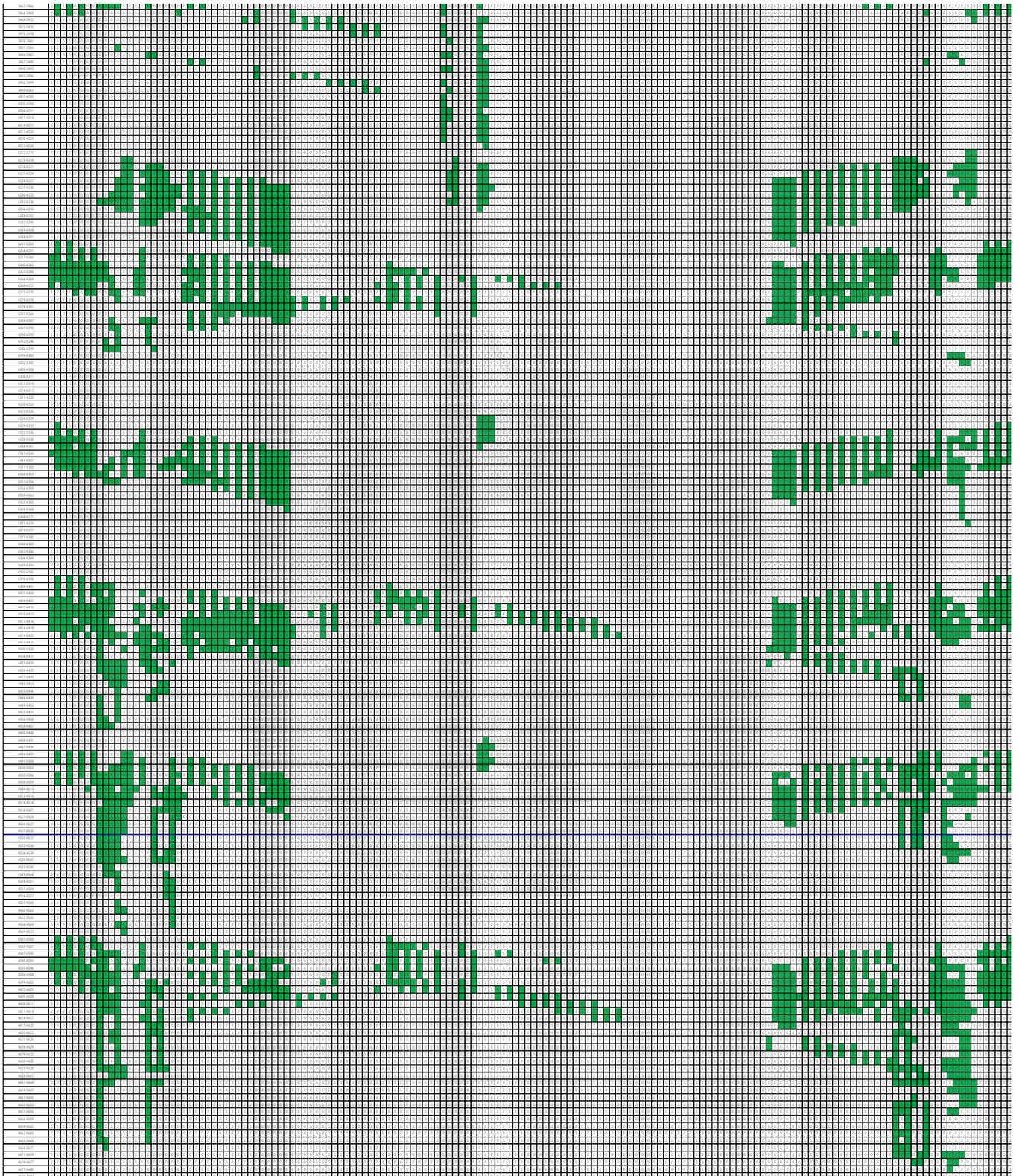


Nota: Fuente: Adaptada de resultados de simulación programa Vissim 2022

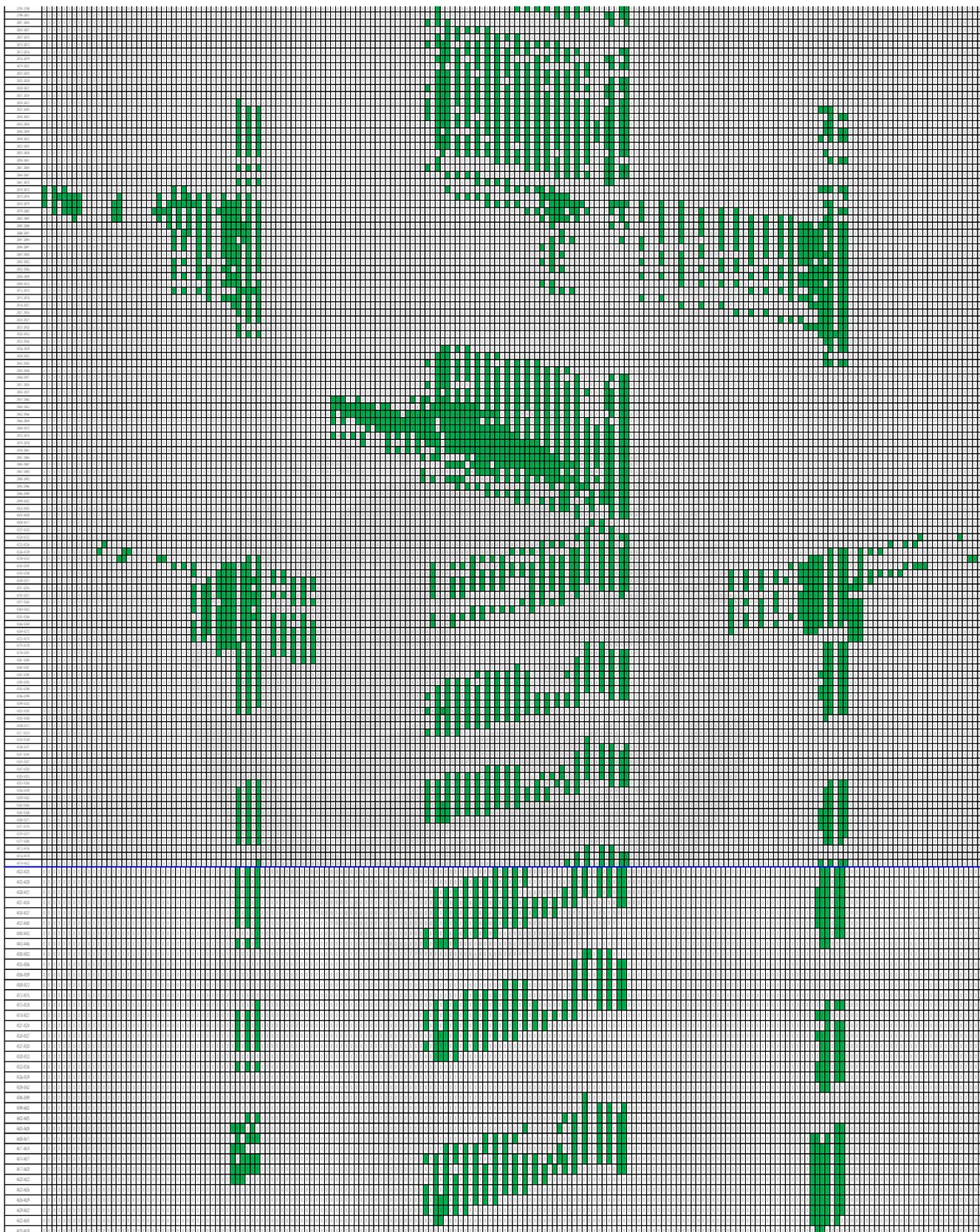
Tabla 66.
Resultados de cantidad de peatones para el piso 7



Nota: Fuente: Adaptada de resultados de simulación programa Vissim 2022

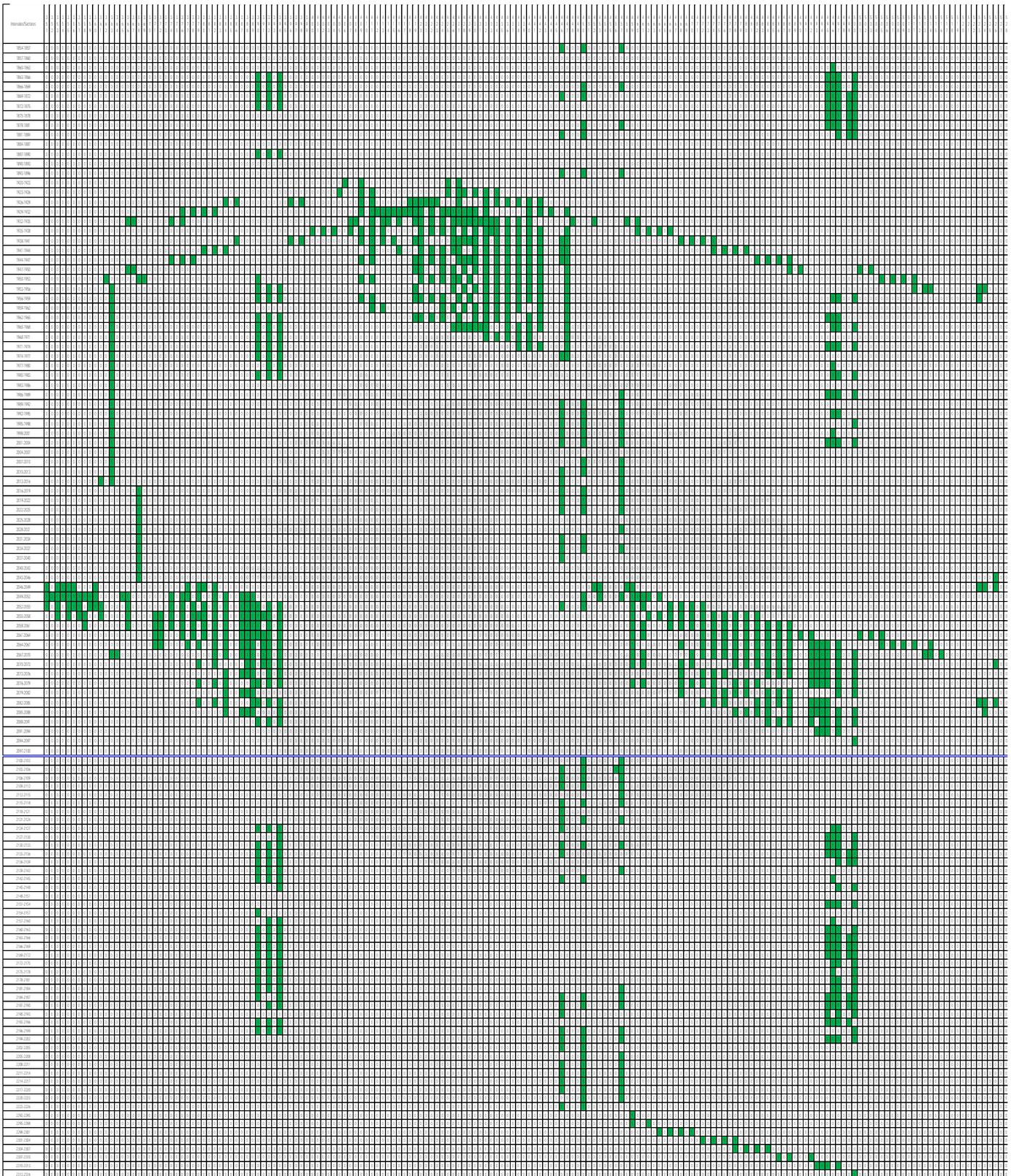


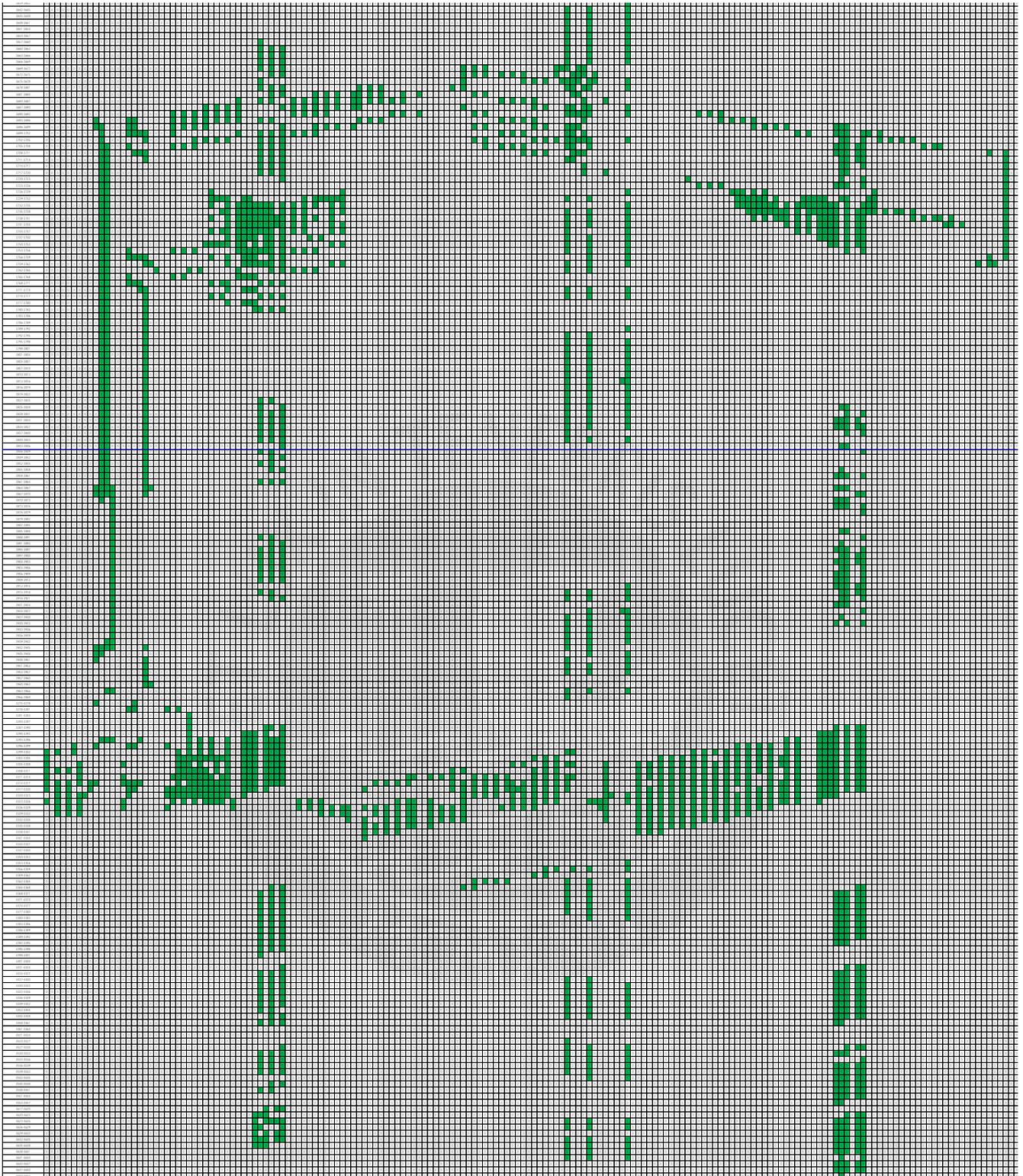
Nota: Fuente: Adaptada de resultados de simulación programa Vissim 2022



Nota: Fuente: Adaptada de resultados de simulación programa Vissim 2022

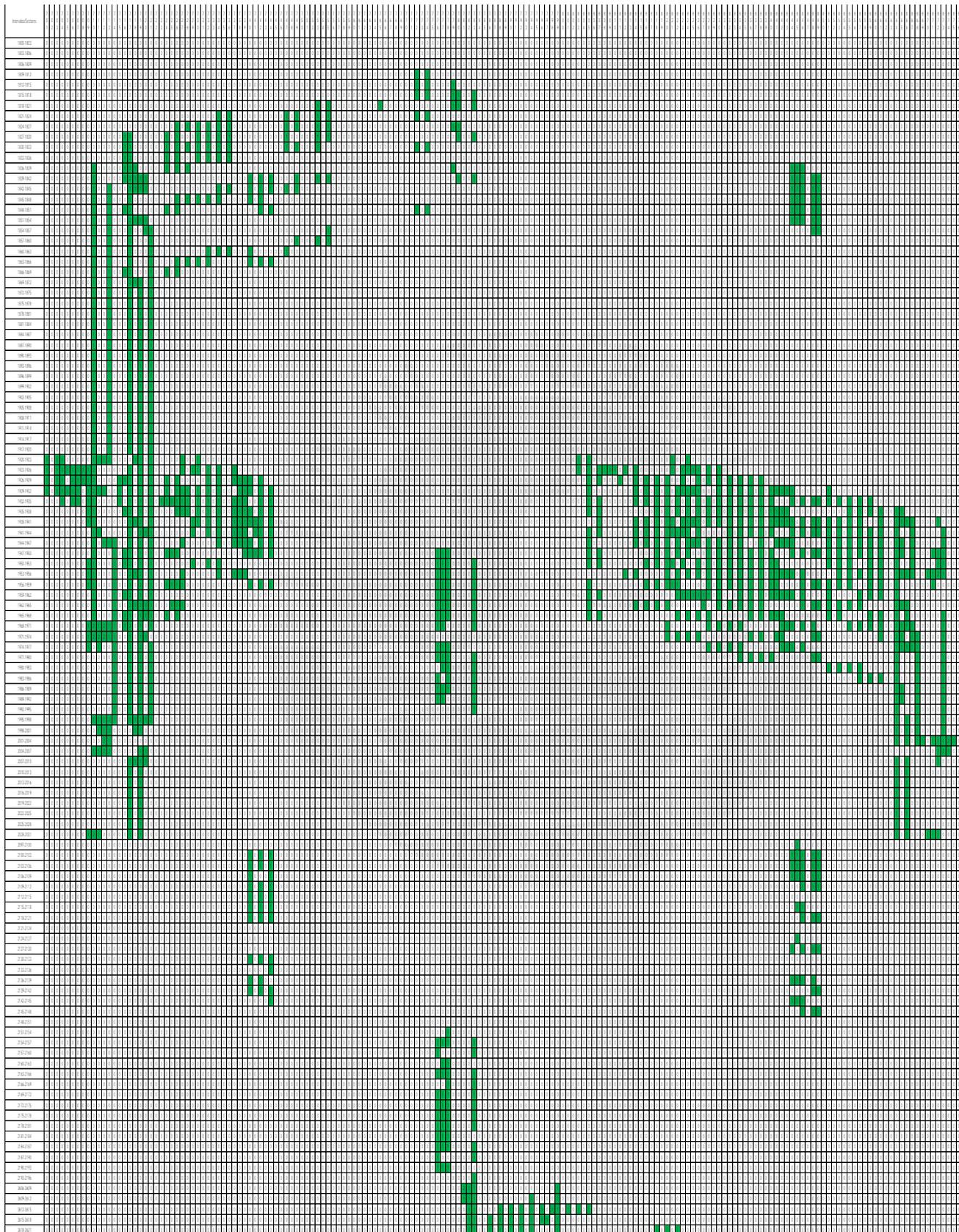
Tabla 69.
Resultados de cantidad de peatones para el piso 3





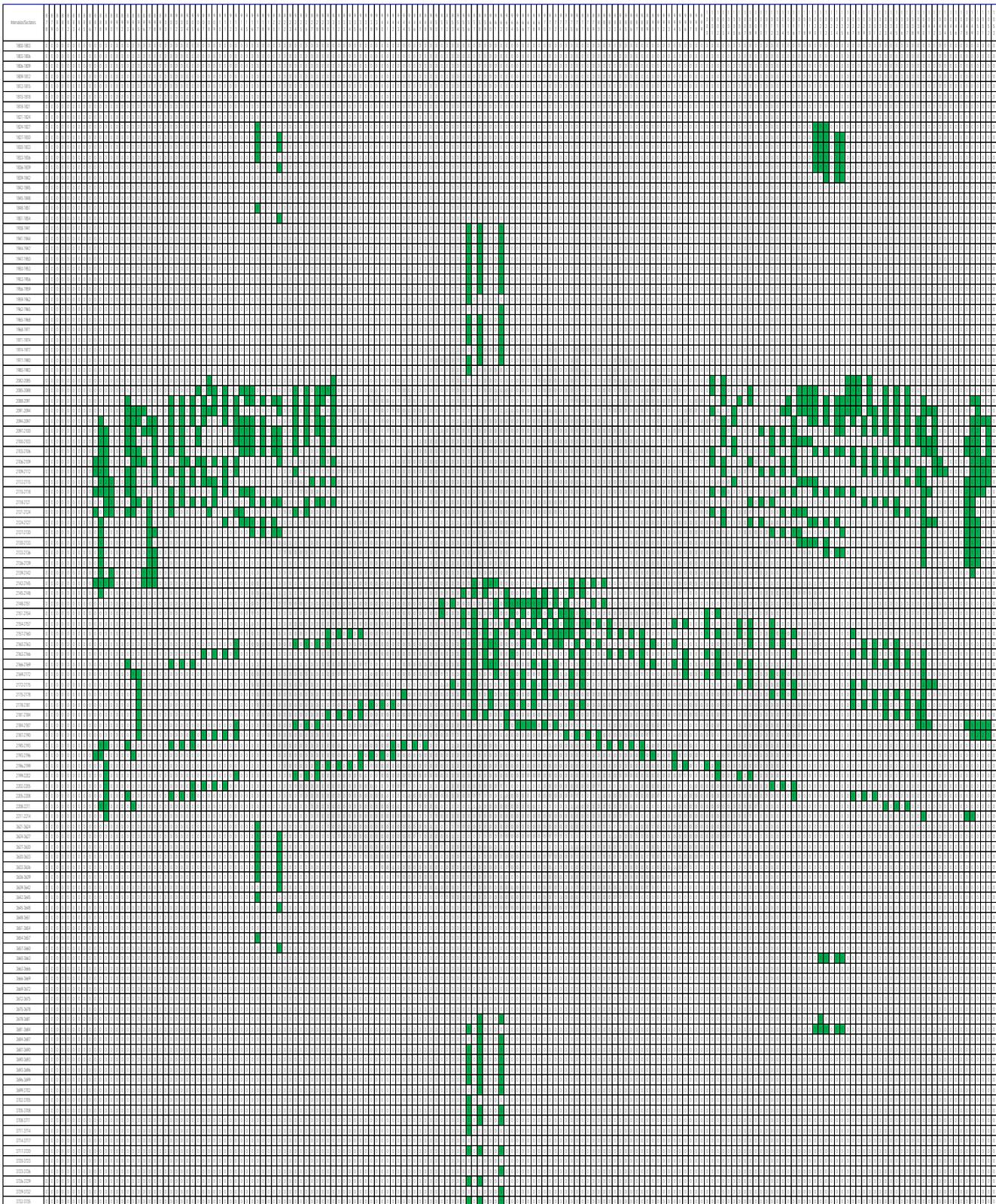
Nota: Fuente: Adaptada de resultados de simulación programa Vissim 2022

Tabla 71.
Resultados de cantidad de peatones para el piso 5



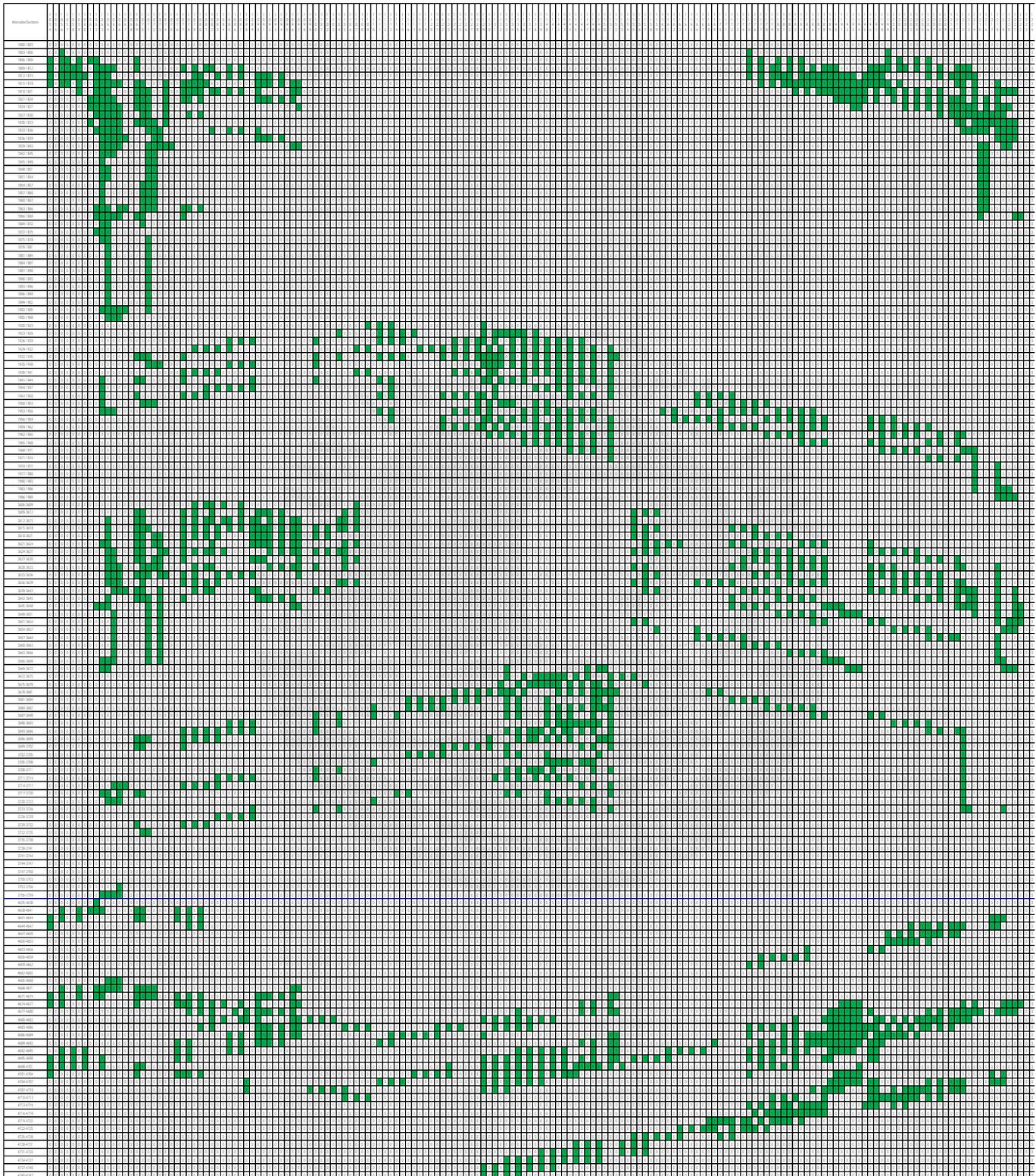
Nota: Fuente: Adaptada de resultados de simulación programa Vissim 2022

Tabla 72.
Resultados de cantidad de peatones para el piso 6

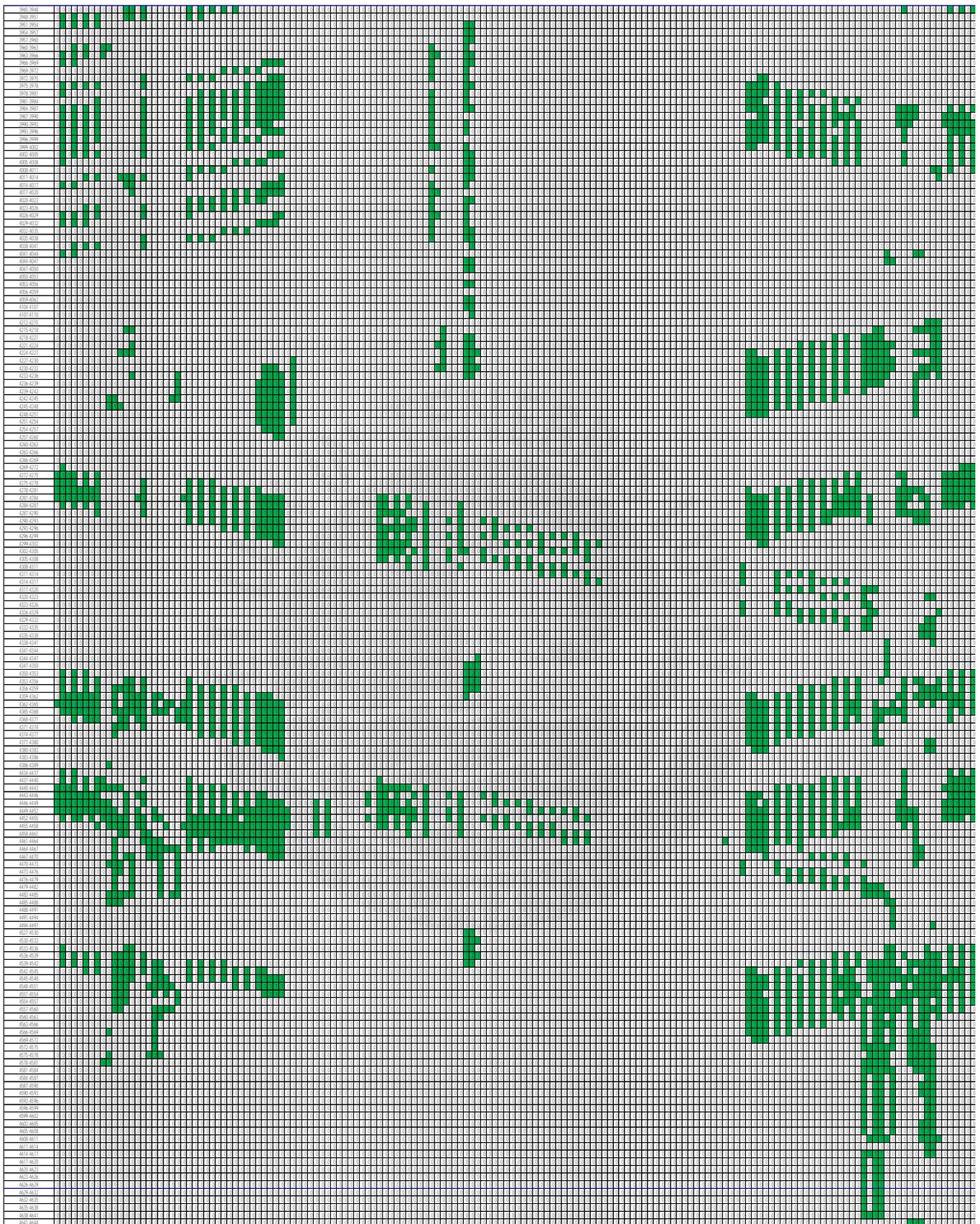


Nota: Fuente: Adaptada de resultados de simulación programa Vissim 2022

Tabla 73.
Resultados de cantidad de peatones para el piso 7

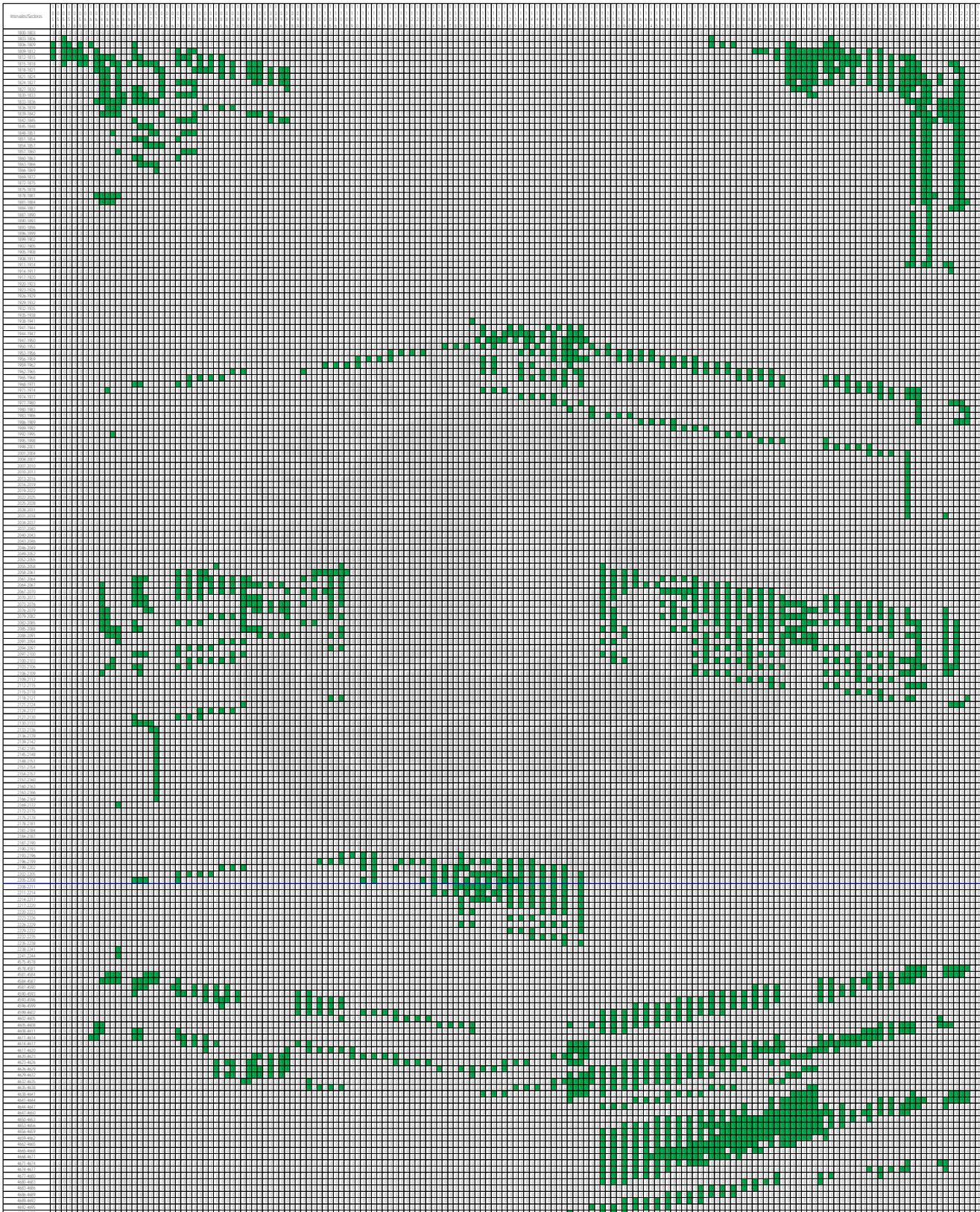


Nota: Fuente: Adaptada de resultados de simulación programa Vissim 2022



Nota: Fuente: Adaptada de resultados de simulación programa Vissim 2022

Tabla 80.
Resultados de cantidad de peatones para el piso 7



Nota: Fuente: Adaptada de resultados de simulación programa Vissim 2022