UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



Análisis energético de la Universidad del Valle de Guatemala, con base en la certificación LEED.

Trabajo de graduación presentado por José Esteban Rodríguez Garzaro
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Civil

Guatemala,

2020

Análisis energético de la Universidad del Valle de Guatemala, con base en la certificación LEED.

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



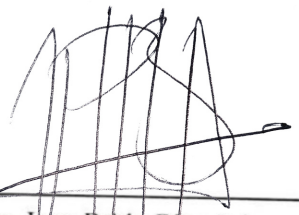
Análisis energético de la Universidad del Valle de Guatemala, con base en la certificación LEED.

Trabajo de graduación presentado por José Esteban Rodríguez Garzaro
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Civil

Guatemala,

2020

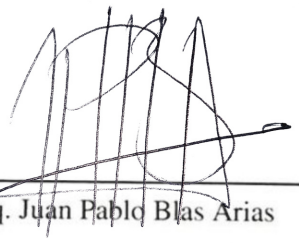
Vo.Bo.:



(f) _____

Arq. Juan Pablo Blas Arias

Tribunal Examinador:



(f) _____

Arq. Juan Pablo Blas Arias



(f) _____

Ing. Otoniel Alejandro Echeverria Castellanos



(f) _____

Ing. Luis Rodrigoandres Morales Ortega

Fecha de aprobación: Guatemala, 08 de diciembre de 2020.

PREFACIO

En primer lugar dedico este trabajo a Dios, por ser mi fuente de fortaleza y sabiduría y por ser mi guía desde el primer hasta el último día de mi carrera universitaria.

También se lo dedico a mis padres y hermana, Raymundo Lisandro Rodríguez Baeza, Anna Sophia Garzaro de Rodríguez y Anna Paula Rodríguez Garzaro, por acompañarme en todo momento y por brindarme su apoyo y amor incondicionalmente.

Agradezco a mi asesor, el arquitecto Juan Pablo Blas Arias, por su acompañamiento y por compartirme su valioso conocimiento durante la elaboración de este trabajo.

Agradezco al arquitecto Al Moshe Asturias Romero, por el seguimiento y consejos brindados en los procesos de planificación y ejecución de este trabajo.

Agradezco a la Universidad del Valle de Guatemala por brindarme los conocimientos y habilidades necesarias para culminar mis estudios y ser un profesional sobresaliente.

Agradezco a todos los amigos que de alguna u otra manera fueron parte de esta etapa de mi vida, con los cuales tengo recuerdos y experiencias que jamás olvidaré.

CONTENIDO

Página

PREFACIO . . . . . **iv**

LISTA DE CUADROS . . . . . **viii**

LISTA DE GRÁFICOS . . . . . **x**

RESUMEN . . . . . **xi**

ABSTRACT . . . . . **xii**

I. INTRODUCCIÓN **1**

II. JUSTIFICACIÓN **2**

III. OBJETIVOS **3**
A Objetivo general 3
B Objetivos específicos 3

IV. Cambio climático **4**
A Gases de efecto invernadero 4
B Indicadores climatológicos 5
C Sistema climático 6
D Radiación 7

V. Acuerdos internacionales **8**
A Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) - 1992 - Brasil 8
B COP3 - Protocolo de Kioto - 1997 - Japón 8
C COP15 - Acuerdo de Copenhague - 2009 - Dinamarca 8
D COP21 - Acuerdo de París - 2015 - Francia 9

VI. Marco nacional **10**
A Acuerdo gubernativo 137-2016 10
1 Reglamento de evaluación, control y seguimiento ambiental 10
2 Instrumentos de gestión ambiental 10
3 Categorías de proyectos, obras, industrias o actividades 11

VII. Eficiencia energética **12**

VIII. USGBC **13**

IX. LEED **14**
A Elegir un sistema de clasificación 14
1 BD+C, Building Design and Construction 14
2 ID+C, Interior Design and Construction 14
3 O+M, Building Operations and Maintenance 14
4 ND, Neighborhood Development 14
5 Homes 15
6 Ciudades y comunidades 15
7 Recertificación LEED 15
8 Zero 15
B Revisar los requisitos mínimos (MPRs) 15
C Definir el alcance del proyecto 16
D Desarrollar los objetivos LEED 16
E Asignar roles y responsabilidades 16
F Determinar el período de rendimiento 16
G Desarrollar documentación consistentemente 16
H Realizar controles de calidad durante todo el proceso 16

X. Áreas de clasificación LEED **17**
A LT, Ubicación y transporte 17
1 Transporte alternativo 18
B SS, Sitios sustentables 19
1 Prerrequisito, políticas de manejo de sitio 19
2 Desarrollo del sitio - Protección o restauración del hábitat 20
3 Manejo de las aguas pluviales 20
4 Reducción del efecto isla de calor 21
5 Reducción de la contaminación lumínica 22
6 Manejo del sitio 23
7 Plan de mejora del sitio 24
C WE, Uso eficiente del agua 24
D Energía y atmósfera 24
1 Prerrequisito: Gestión básica de refrigerantes 25
2 Manejo avanzado de refrigerantes 25
E MR, Materiales y recursos 26
1 Prerrequisito política de compras y desechos continuos 26
F EQ, Calidad ambiental interior 27
1 Iluminación interior 27
2 iluminación natural y vistas de calidad 28
3 Encuesta de confort de los ocupantes 29

XI. Metodología **30**
A Tipo de investigación 30
B Fuentes de investigación 30

1 Fuentes primarias . . . 30
2 Fuentes secundarias . . . 31
C Población . . . 31
D Técnicas de recolección de información . . . 31
E Delimitación de rutas de transporte público . . . 32
F Cálculo de áreas de la Universidad del Valle de Guatemala utilizando Ortofotos y QGIS . . . 37
G Cálculo de áreas de la Universidad del Valle de Guatemala utilizando levantamiento topográfico . . . 40
H Cálculo de áreas de la Universidad del Valle de Guatemala utilizando plano de ubicación de la Universidad . . . 43
I Cálculo del caudal pluvial a tratar . . . 44

XII. Transporte alternativo . . . 47

XIII. Medición de áreas de superficies . . . 49
A Crédito SS: Desarrollo del sitio - Protección o restauración del hábitat . . . 50
B Crédito SS: Reducción del efecto isla de calor . . . 50
C Crédito SS: Plan de mejora del sitio . . . 50
D Prerrequisito WE: Uso eficiente del agua . . . 51
E Crédito EQ: Encuesta de confort de los ocupantes . . . 53

XIV. Discución de resultados . . . 58

XV. CONCLUSIONES . . . 59

XVI. RECOMENDACIONES . . . 60
A Para la Universidad del Valle de Guatemala . . . 60
B Para los certificadores LEED . . . 60

XVII. BIBLIOGRAFÍA . . . 61

XVIII. APÉNDICES . . . 63
A Planos de rutas de transporte urbano . . . 63
B Plano de áreas de la Universidad del Valle de Guatemala . . . 64

XIX. Glosario . . . 65

LISTA DE CUADROS

Cuadro **Página**

1 "Coeficientes de escorrentía áreas pobladas" 46
2 "Factores de corrección" 46
3 "Áreas por cada método de medición" 49
4 "Porcentajes de áreas por cada método de medición" 49
5 "Requerimiento de Área Verde" 50
6 "Requerimiento de Vegetación" 50
7 "Consumos de artefactos sanitarios" 52
8 "Resumen de créditos LEED" 58

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico **Página**

1 Componentes del sistema climático de la Tierra "*A rough guide to the components of Earth's Climate System*", s.f. 6
2 Esquema de los componentes del Sistema Climático Global, de sus procesos y de sus interacciones 7
3 Puntos por tasa de transporte alternativo USGBC, 2014 18
4 Valor mínimo del indice de reflectancia solar según inclinación de la cubierta USGBC, 2014 22
5 Fórmula de impacto ambiental de refrigerantes USGBC, 2014 26
6 Promedio ponderado USGBC, 2014 26
7 32
8 32
9 32
10 33
11 33
12 34
13 34
14 35
15 35
16 35
17 36
18 37
19 37
20 37
21 38
22 38
23 38
24 39
25 39
26 39
27 40
28 40
29 41
30 41
31 42
32 42
33 43
34 43
35 43

36 44
37 44
38 Rutas de transporte público delimitadas en QGIS 48
39 Urinario 51
40 Inodoro 51
41 Datos técnicos del inodoro 52
42 Grifo y lavamanos 52
43 Pregunta No.1 53
44 Pregunta No.2 54
45 Pregunta No.3 54
46 Pregunta No.4 55
47 Pregunta No.5 55
48 Pregunta No.6 56
49 Pregunta No.7 56

RESUMEN

La eficiencia energética de una edificación es un concepto que se desglosa en varias ramas. Desde aspectos que contribuyen al consumo energético en la etapa de planificación hasta el proceso operativo después de terminada la construcción. Para el caso de los edificios existentes, es decir, los edificios que ya se encuentran en operación y mantenimiento, la certificación LEED sirve para clasificar la estructura dentro de un rango de eficiencia. Dicho rango se define por puntos que se van sumando de acuerdo a las características del proyecto. Características tales como el uso del agua, la ubicación y manejo del sitio, el uso de energía eléctrica, los materiales y recursos del proyecto, etc.

Se analizaron las caracterísitcas de las actuales estructuras que componen la Universidad del Valle de Guatemala. Para ello fue necesario indagar sobre las características de los edificios y demás superficies presentes en el campus de la Universidad, se calculó la proporción de superficie construida y área verde, también se analizaron los artefactos sanitarios con el propósito de verificar sus consumos y se realizó una encuesta a los estudiantes de ingeniería civil sobre su grado de confort en el edificio J. Los aspectos mencionados fueron clasificados por medio del uso de software, entrevistas a los estudiantes de ingeniería civil de la Universidad y una investigación del entorno de la universidad.

Dado que los edificios de la universidad fueron construidos en 1974, la urbanización de la zona era limitada y por el tiempo que ha pasado los materiales de construcción y/o acabados se han deteriorado. Ambos factores son importantes en el sistema de certificación LEED, razón por la cual es probable que no se llegue al puntaje necesario para obtener una certificación. Además, dada la gran magnitud de las áreas de la universidad, el margen de diferencia entre los métodos de medición utilizados no tendrá un impacto significativo al evaluar los créditos LEED correspondientes.

ABSTRACT

The energy efficiency of a building is a concept that can be broken down into several categories. From aspects that contribute to energy consumption in the planning stage to the operational process after construction is completed. For existing buildings, i.e. buildings already in operation and maintenance, LEED certification serves to classify the structure within a range of efficiency. This range is defined by points that are added according to the characteristics of the project. Characteristics such as water use, site location and management, electrical energy use, project materials and resources, etc.

The characteristics of the current structures that make up the University of the Valley of Guatemala will be analyzed. For this purpose, it will be necessary to investigate the characteristics of the buildings and other surfaces present on the University campus, the proportion of built surfaces and green areas will be calculated, sanitary devices will also be analyzed with the purpose of verifying their consumption and a survey will be made to civil engineering students about their degree of comfort in building J. The mentioned aspects will be processed through the use of software, online interviews and an investigation of the university environment.

Since the university buildings were constructed in 1974, the urbanization of the area was limited and because of the time that has passed the construction materials and/or finishes have deteriorated. Both of these factors are important in the LEED certification system, which is why the score needed to obtain certification may not be reached.

I. INTRODUCCIÓN

La eficiencia energética es un término que se utiliza cada vez más en el ámbito de la construcción. Una de las razones por las que esto sucede es por la creciente preocupación de las personas y empresas por la contaminación ambiental, cada vez es menos raro escuchar sobre el desgaste de la capa de ozono, el aumento en la temperatura del planeta, la deforestación y otros problemas asociados con con nuestro uso desmedido de los recursos del planeta. La otra razón por la cual la eficiencia energética ha crecido es por los ahorros e incentivos que traen consigo las certificaciones energéticas como LEED, WELL, EDGE, etc. Está demostrado que el cumplimiento de dichas certificaciones provocan ahorros en uso de energía eléctrica, uso de agua potable e incluso en algunas ciudades de Estados Unidos existen incentivos por parte de los bancos y gobiernos estatales, por ejemlpo, los proyectos que sean certificados LEED pueden obtener tasas de interes más bajos en los prestamos bancarios o en Carolina del Norte los proyectos certificados LEED pueden aplicar a reducciones en el costo de la licencia de construcción.

Tanto el tema ambiental, como el tema económico han hecho que la eficiencia energética suene cada vez más fuerte. La ciudad de Guatemala no es la excepción, ya existen proyectos certificados LEED y también hay proyectos en proceso de certificación LEED y EDGE. Los edificios de la Universidad del Valle de Guatemala llevan más de 10 años en operación y mantenimiento, por lo tanto no hay tanto espacio para hacer modificaciones con tal de cumplir con la certificación LEED. La idea de hacer el análisis energético basado en el manual de certificación LEED para edificios en operación y mantenimiento, es comprobar que tan compatibles son las estructuras existenes con dicha certificación y en caso de no cumplir los requisitos, poder identificar áreas de mejora y realizar recomendaciones para poder cumplir con los requisitos y disminuir el impacto ambiental que se tiene hoy en día.

Para realizar dicho análisis, se utilizaron diferentes fuentes de investigación con el propósito de evaluar la diferencia que se tiene al realizar el análisis con una u otra fuente. Luego se evaluó si la diferencia en los resultados tiene un impacto significativo al evaluar los créditos LEED.

II. JUSTIFICACIÓN

Los recursos que nos provee el planeta no son inagotables, el agua por ejemplo, es un recurso que utilizamos desmesuradamente a pesar de su creciente escasez. Según la ONU, el consumo de agua que tenemos actualmente no es sostenible y se estima que para el 2030, casi la mitad de la población mundial vivirá en áreas de estrés hídrico ONU, 2019. La ubicación de una estructura es sumamente importante en términos de su eficiencia energética. Si el edificio se encuentra en una locación en la cual las personas que arribarán puedan utilizar vías alternas, tales como: transporte público, bicicleta, caminata o car-pooling, se reducirán las emisiones de gases contaminantes. Si el edificio aprovecha recursos como la luz solar o el viento, puede proveer ambientes agradables en el interior sin tener que abusar de recursos como el aire acondicionado, que a su vez utiliza energía eléctrica. La disposición de áreas verdes colaboran con reducir el efecto de isla de calor en un lugar urbano.

Los ejemplos mencionados son solo algunos de los aspectos que contribuyen al impacto energético de la universidad. Por eso es de suma importancia analizar todos estos aspectos y elaborar recomendaciones en base al análisis. Según una investigación realizada en España por Ecobservatorio, si se siguen las recomendaciones de una certificación se puede llegar a un ahorro medio de 430 euros al año en una casa "*El certificado energético no es una broma: puedes ahorrar más de 400 euros al año*", s.f. Dado que las instalaciones de la universidad son más grandes que las de una casa promedio, el ahorro también será mayor al presentado en el estudio. Estas recomendaciones serán útiles para la universidad y su personal. Si se decide aceptarlas, se verán reducidos los costos operacionales de las edificaciones y si se adoptan técnicas como el car-pooling, se reducirán los costos de transporte del personal y estudiantes de la universidad.

III. OBJETIVOS

A. Objetivo general

Evaluar la eficiencia energética de la Universidad del Valle de Guatemala, usando como base la certificación LEED para estructuras en operación y mantenimiento.

B. Objetivos específicos

- Analizar la ubicación, manejo de aguas, materiales de construcción y calidad ambiental interior de las edificaciones y su impacto energético.
- Plantear recomendaciones para reducir el impacto energético de las edificaciones de la universidad.
- Elaborar las herramientas necesarias para en un futuro poder realizar un análisis de huella de carbono basado en el medio de transporte utilizado por los ocupantes de la Universidad del Valle de Guatemala.

IV. Cambio climático

El Sol le transmite a la Tierra energía en forma de Radiación electromagnética. Una parte de dicha energía se refleja de vuelta hacia el espacio exterior y la otra parte es retenida por el planeta. De la energía retenida, una pequeña parte es absorbida por los Gases de la atmósfera y la otra parte atraviesa la Atmósfera para luego ser reflejada o retenida por la superficie de la Tierra y las nubes. Barros, 2005

La manera en la que un cuerpo responde a las radiaciones electromagnéticas depende de la Longitud de onda de las mismas. Las superficies líquidas o sólidas, las nubes y la atmósfera reemiten tanto energía como radiación electromagnética, sin embargo, la reemiten con una longitud de onda distinta debido a la diferencia de temperaturas del Sol y la Tierra. Es por esa razón que la atmósfera admite la radiación solar pero retiene la radiación terrestre. De esa manera, la radiación terrestre se queda atrapada en la atmósfera, a excepción de la radiación que es emitida en una banda de longitudes de onda conocida como "ventana de radiación", la cual si logra escapar al espacio exterior. Se dice que la atmósfera actúa como un Invernadero por su admisibilidad hacia la radiación solar y su capacidad de retención de la radiación terrestre. Este efecto causa que la temperatura de la superficie de la Tierra sea mayor en comparación a la temperatura que habría si la Tierra no tuviera atmósfera. Barros, 2005

A. Gases de efecto invernadero

El vapor de agua, el dióxido de carbono, el metano y el óxido nitroso son los componentes naturales de la atmósfera que tienen la propiedad de absorber la parte de la radiación que sale por la ventana de radiación. Cuando la concentración de estos gases aumenta, la cantidad de radiación que escapa al espacio exterior es menor y, por lo tanto, la temperatura del planeta aumenta. Es por esa razón que a dichos gases se les conoce como "gases de efecto invernadero"(GEI). Barros, 2005

El contenido de vapor de agua de la atmósfera es imposible de alterar para el ser humano ya que éste es regulado por la temperatura, la cual condiciona su remoción a través de los procesos de y . Sin embargo, las emisiones a causa de actividad humana de los otros tres gases de efecto invernadero han modificado sus concentraciones en la atmósfera. Por ejemplo, la combustión de Hidrocarburos fósiles produce emisiones de dióxido de carbono, las cuales han tenido un crecimiento exponencial desde el comienzo del período industrial. Una parte de dichas emisiones es absorbida por los océanos, la biosfera y los suelos; pero aproximadamente la mitad se acumula en la atmósfera. Esto ha producido un incremento en las concentraciones de dióxido de carbono atmosférico de alrededor del 30 por ciento en los últimos 150 años. Período en el cual la concentración de metano también aumentó un 150 por ciento y la del óxido nitroso un 16 por ciento. No es posible atribuirle este fenómeno a los cambios en los Parámetros de la órbita terrestre y los Procesos geológicos, ya que éstos son muy lentos e influyen en el clima en miles o millones de años. Barros, 2005

El tiempo de vida de las emisiones de los GEI en la atmósfera es:

- Metano: 15 años
- Óxido nitroso: 120 años
- Dióxido de carbono: Entre 100 y 150 años
- Otros GEI creados por el hombre: Entre 40 años y varios milenios según la especie química.

El largo tiempo de vida de los GEI en la atmósfera y el retardo con el que las temperaturas del sistema climático se acomodan a las nuevas concentraciones de los GEI, hace que los efectos significativos de las emisiones de GEI se sientan varias décadas después. Barros, 2005

El desarrollo del ser humano y la tecnología han llevado a la creación de gases que no existen en la naturaleza. Por ejemplo, hay una gran variedad de gases conocidos como freones y halones, los cuales tienen Propiedades radioactivas. Dichos gases tienen diversos usos pero su mayor utilización se da en la Industria del frío. Aunque su efecto invernadero por unidad de masa es mucho mayor que el de los GEI naturales, son emitidos en cantidades significativamente menores, por lo tanto sus efectos son importantes pero no mayores que los de los GEI naturales. Barros, 2005

B. Indicadores climatológicos

En los últimos 150 años, la temperatura promedio global de la superficie de la Tierra ha aumentado 0.6 grados centígrados. En paralelo, hay otros Indicadores climatológicos consistentes con el fenómeno del calentamiento global. Por ejemplo, la temperatura del mar también aumentó al menos 0.6 grados centígrados. Ha habido una aceleración del Ciclo hidrológico y un enfriamiento en la estratosfera de más de medio grado centígrados desde 1979. Estos indicios, por mencionar algunos, coinciden en que ha habido un calentamiento global principalmente los últimos 30 años, que ha sido provocado en parte por el aumento de las concentraciones de los GEI. Barros, 2005

Es difícil predecir lo que sucederá con respecto a este tema ya que depende de los cambios en los factores que condicionan las emisiones de los GEI. Sin embargo, se puede analizar el posible escenario en el cuál se mantendrán las tendencias actuales de dichos factores. En dado caso, en menos de un siglo las concentraciones de dióxido de carbono llegarán a ser tres veces mayores que las del período preindustrial, las del metano cinco veces y las del óxido nitroso se duplicarán, alcanzando valores jamás vistos en los últimos 50 millones de años. El impacto en ese entonces se puede apreciar con simulaciones del clima con Modelos climáticos globales (MCG) y mediante experimentos con distintos escenarios posibles de concentraciones de GEI. Dichos modelos realizan una representación matemática de los procesos físicos del mar, la atmósfera, el suelo y la criosfera y hacen una simulación de su evolución temporal. Estos modelos han sido capaces de reproducir los cambios climáticos observados durante el último siglo a partir de la evolución de las concentraciones de los GEI, por lo tanto, es una buena herramienta para predecir los cambios climáticos del futuro cercano. Los modelos pronostican que para el año 2060 la temperatura global de la superficie aumentará de 2 a 3 grados centígrados a causa de la duplicación de la concentración de dióxido de carbono. Las latitudes altas serían las más afectadas en cuanto al aumento de temperatura y los continentes del hemisferio norte tendrían zonas de calentamiento de más de ocho grados centigrados. Para el sisglo 21 se predice un aumento de la intensidad del ciclo hidrológico global con

mayores Precipitaciones en algunas regiones y menores en otras. Se espera que el nivel medio del mar aumentará aproximadamente 60 centímetros en el año 2100, esto causaría la inundación total de algunos países del Caribe y la Polinesia, aparte de los problemas severos que causaría en muchas áreas costeras alrededor del planeta. La imposibilidad de migración de ciertas especies podría llevar a su extinción masiva. Barros, 2005

El calentamiento no será uniforme geográficamente, razón por la cual habrán cambios en los actuales Gradientes de temperatura, Circulacion de vientos, Distribución de precipitaciones y Corrientes marítimas. Cada uno de estos aspectos variará de acuerdo con su ubicación geográfica. Los modelos climáticos globales son consistentes en sus predicciones para los promedios globales, sin embargo, cuando se consideran regiones específicas, existen grandes diferencias. El hecho de que los MCG no sean capaces de estudiar los impactos regionales del cambio climático es un impedimento para estudiar la vulnerabilidad al cambio climático ya que los posibles impactos ecológicos, económicos y sociales suceden en una escala regional. Barros, 2005

C. Sistema climático

Las variables que caracterizan al tiempo, temperatura, precipitación, viento, etc. en una determinada localización, cambian cada hora. El conjunto de dichas propiedades, es decir, el clima, se considera como una propiedad estable ya que las estadísticas que lo representan se calculan en períodos mucho más largos. Sin embargo, cuando se analizan décadas, siglos, o milenios, sí se presentan cambios. El segmento de la Tierra en el que se producen las interacciones físicas que condicionan el clima de la superficie constituye el sistema climático. Dicho sistema está compuesto por la atmósfera, hidrósfera sólida o criosfera, los primeros metros de suelo y la biosfera. Barros, 2005

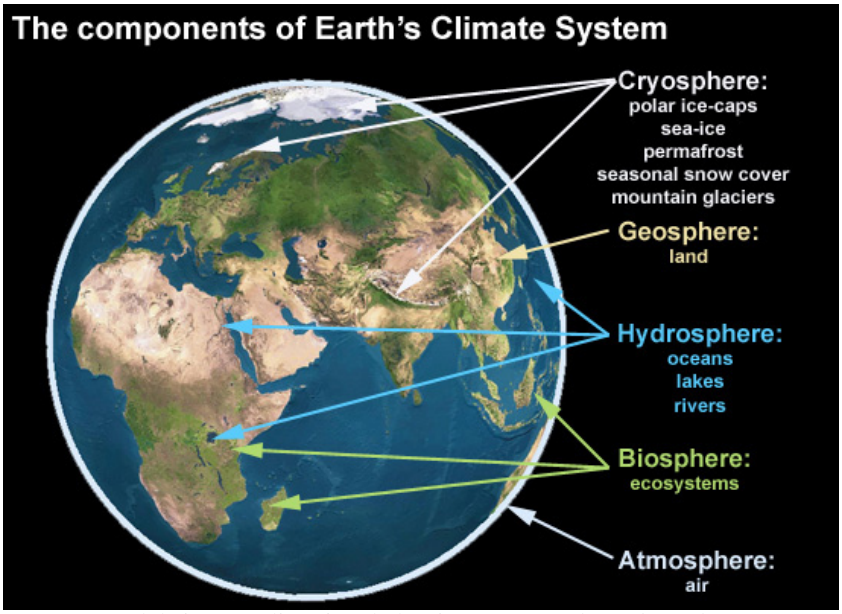


Figura 1. Componentes del sistema climático de la Tierra "*A rough guide to the components of Earth's Climate System*", s.f.

El sistema climático es complejo ya que todos sus subsistemas interactúan permanentemente con los demás. Debido a que cada subsistema tiene un tiempo de respuesta distinto a las perturbaciones del Equilibrio térmico, es lógico pensar que el sistema climático no alcance un equilibrio térmico permanente sino que se mantiene en un desequilibrio constante. A continuación se muestra Barros, 2005

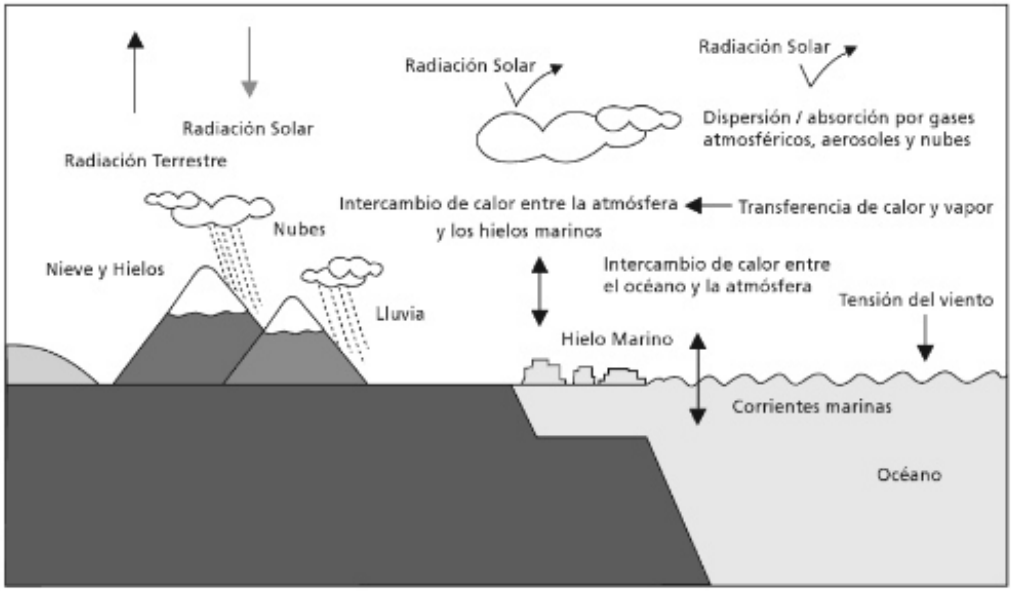


Figura 2. Esquema de los componentes del Sistema Climático Global, de sus procesos y de sus interacciones

D. Radiación

La longitud de las ondas provenientes de la radiación electromagnética depende de su temperatura. Mientras más frío esté el cuerpo, más larga será la longitud de onda y mientras más cálido será más corta. De la misma manera, mientras mayor sea su temperatura, mayor será la cantidad de energía que emita un cuerpo. La longitud de onda de la radiación electromagnética del sol es emitida a aproximadamente 6000 grados centígrados, mientras que la proveniente de la Tierra es emitida a un rango de entre -80 y 40 grados centígrados. Por esa razón, se le llama como radiación de onda corta a la radiación solar y de onda larga a la terrestre. La radiación de onda corta atraviesa la atmósfera con facilidad, sin embargo, la radiación de onda muy corta, llamada ultravioleta, es absorbida por el ozono. A diferencia de la radiación de onda corta, la de onda larga no atraviesa la atmósfera. Barros, 2005 El nombre efecto invernadero proviene de la similitud del fenómeno con los vidrios de un invernadero. Dichos vidrios dejan pasar la luz del sol proveniente del exterior mientras retienen la radiación que intenta salir desde el interior. El efecto invernadero es una parte importante del equilibrio natural del sistema climático ya que si no existiera, la temperatura media de la superficie de la Tierra sería aproximadamente 35 grados centígrados más baja. Barros, 2005

V. Acuerdos internacionales

A. Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) - 1992 - Brasil

La Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, adoptada en 1992 y que entró en vigor en 1994, ha sido ratificada por 195 países (Partes de la Convención). La Convención reconoce la existencia del problema del cambio climático, y establece un objetivo último: lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera con el fin de impedir Interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático. Además, indica que ese nivel debe lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible. Miteco, s.f.-a

B. COP3 - Protocolo de Kioto - 1997 - Japón

En respuesta a este informe, en 1997 los gobiernos acordaron incorporar una adición a la Convención conocida con el nombre de Protocolo de Kioto que cuenta con medidas más enérgicas, en particular, compromisos Jurídicamente vinculantes de reducción o limitación de emisiones. El Protocolo de Kioto, que entró en vigor en febrero de 2005, establece, por primera vez, objetivos de reducción de emisiones netas de gases de efecto invernadero para los principales países desarrollados y economías en transición, con un calendario de cumplimiento. Las emisiones de gases de efecto invernadero de los países industrializados deberían reducirse al menos un 5 por ciento por debajo de los niveles de 1990 en el período 2008-2012, conocido como primer periodo de compromiso del Protocolo de Kioto. Miteco, s.f.-c

C. COP15 - Acuerdo de Copenhague - 2009 - Dinamarca

Este acuerdo no fue un acuerdo legal, sino uno político. Aunque el acuerdo hace un reconocimiento general de un planteamiento científico básico: el evitar un aumento de la temperatura mundial mayor a 2 grados centígrados para evitar los grandes riesgos climáticos, el documento carece de los compromisos de reducción de emisiones necesarios para evitar este hecho. El acuerdo fue formulado principalmente por los E.E.U.U., China, Sudáfrica, la India y Brasil, bajo el principio de responsabilidades compartidas, pero diferenciadas para enfrentar el calentamiento global. Aunque fue llamado por muchos funcionarios un acuerdo "significativo", incluso el presidente Obama de los E.E.U.U. declaró: .Este avance no es suficiente."La negociación de fondo está entre los E.E.U.U. y China; en este sentido, el acuerdo de COP-15 es un primer paso, pero hay mucho trabajo por hacer para obtener un acuerdo mínimo, jurídicamente vinculante. En el texto final de la COP-15 no se incluyó ninguna alusión al hecho de no sobrepasar los 2 grados centígrados de aumento en la temperatura global durante este siglo; además, también fue quitada del texto final la meta anterior para 2050 de reducir en 80 por ciento de las emisiones globales de CO2. El acuerdo plantea crear un fondo de 30 mil millones de dólares anuales para la adaptación de los países pobres en lo próximos dos años, y de 100 mil millones de dólares a partir de 2012 y hasta 2020. Salazar, 2010

D. COP21 - Acuerdo de París - 2015 - Francia

Tras cuatro años de negociaciones, el 12 de diciembre de 2015 se adoptó, en la COP21, el Acuerdo de París. El Acuerdo de París tiene como objetivo evitar que el incremento de la temperatura media global del planeta supere los 2ºC respecto a los niveles preindustriales y busca, además, promover esfuerzos adicionales que hagan posible que el calentamiento global no supere los 1,5ºC. De esta manera, el Acuerdo recoge la mayor ambición posible para reducir los riesgos y los impactos del cambio climático en todo el mundo y, al mismo tiempo, incluye todos los elementos necesarios para que se pueda alcanzar este objetivo. Miteco, s.f.-b

Además, reconoce la necesidad de que las emisiones globales toquen techo lo antes posible, asumiendo que esta tarea llevará más tiempo para los países en desarrollo. En cuanto a las sendas de reducción de emisiones a medio y largo plazo, se establece la necesidad de conseguir la neutralidad de las emisiones, es decir, un equilibrio entre las emisiones y las absorciones de gases de efecto invernadero en la segunda mitad de siglo. Miteco, s.f.-b

Cada 5 años, todos los países deben comunicar y mantener sus objetivos nacionales de reducción de emisiones (sus planes de desarrollo para la reducción de emisiones). Además, todos los países deben poner en marcha políticas y medidas nacionales para alcanzar dichos objetivos. Así, se han presentado 190 planes de lucha contra el cambio climático que cubren alrededor del 99 por ciento de las emisiones de todas las Partes de la Convención. Miteco, s.f.-b

El Acuerdo de París reconoce la importancia de ir incrementando la ambición de los compromisos con objetivos cada vez más ambiciosos, es decir, cada 5 años los compromisos de los países serán cada vez mayores. Asimismo, el Acuerdo reconoce la importancia de los ecosistemas como sumideros de carbono, en particular, los bosques, que se incluyen explícitamente en el Acuerdo, y reconoce la posibilidad de utilizar mecanismos de mercado para cumplir con los objetivos que se marquen los países, si éstos así lo deciden en sus contribuciones. Miteco, s.f.-b

VI. Marco nacional

A. Acuerdo gubernativo 137-2016

El 11 de julio de 2016 fue decretado el acuerdo gubernativo número 137-2016 por el presidente de la república. El propósito de dicho acuerdo es propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Para poder lograrlo, se dictan todas las normas necesarias para garantizar que la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, de la tierra y del agua, se realicen racionalmente evitando su depredación.

1. Reglamento de evaluación, control y seguimiento ambiental. Contiene los lineamientos, estructura y procedimientos necesarios para apoyar el desarrollo sostenible del país en el tema ambiental, estableciendo reglas para el uso de instrumentos y guías que faciliten la evaluación, control y seguimiento ambiental de los proyectos, obras, industrias o actividades, que se desarrollan y los que se pretenden desarrollar en el país.

El Sistema será coordinado por el Viceministro de Ambiente y estará conformado por las siguientes dependencias del MARN:

- Dirección de Gestión Ambiental y Recursos Naturales, DIGARN.
- Dirección de Coordinación Nacional, DCN.
- Dirección de Cumplimiento Legal, DCL.

2. Instrumentos de gestión ambiental. Por su naturaleza y modo de aplicación, estos instrumentos se dividen en dos grupos, los denominados instrumentos ambientales (predictivos, correctivos y complementarios) y los denominados de control y seguimiento ambiental.

a. Instrumentos ambientales predictivos.

- Evaluación ambiental inicial
- Estudio de evaluación de impacto ambiental
- Evaluación ambiental estratégica
- Formulario de actividades para registro en los listado

b. Instrumento ambiental correctivo.

- Diagnóstico ambiental
- Diagnóstico ambiental de bajo impacto
- Formulario de actividades correctivas para registro

c. Instrumentos ambientales complementarios.

- Evaluación de riesgo ambiental
- Evaluación de impacto social
- Evaluación de efectos acumulativos
- Plan de gestión ambiental

d. Instrumentos de control y seguimiento ambiental.

- Auditorias ambientales
- Acciones de seguimiento y vigilancia ambiental, desarrolladas por el proponente y de oficio.

e. Guías ambientales. Son una herramienta, que tiene por objeto incorporar las buenas prácticas a las variables ambientales en la planificación, desarrollo y seguimiento de la gestión ambiental sectorial, como referente técnico mínimo aplicable al desarrollo de proyectos, obras, industrias o actividades de los diferentes sectores productivos del país. Se utilizan como base para la elaboración del instrumento ambiental y consecuentemente para realizar las auditorías ambientales.

3. Categorías de proyectos, obras, industrias o actividades. Los proyectos, obras, industrias o actividades, se clasifican de forma Taxativa en tres diferentes categorías básicas A, B, y C tomando en cuenta los factores o condiciones que resultan pertinentes en función de sus características, naturaleza, impactos ambientales potenciales o riesgo ambiental.

a. Categorización ambiental.

- Categoría A: Corresponde a aquellos proyectos, obras, industrias o actividades consideradas como las de más alto impacto ambiental potencial o riesgo ambiental de entre todo el Listado Taxativo. Los megaproyectos de desarrollo se consideran como parte de esta categoría.
- Categoría B: Corresponde a aquellos proyectos, obras, industrias o actividades consideradas como las de moderado impacto ambiental potencial o riesgo ambiental de entre todo el Listado Taxativo y que no corresponden a las categorías A y C. Se divide en dos: la B1, que comprende las que se consideran como de moderado a alto impacto ambiental potencial o riesgo ambiental; y la B2, que comprende las que se consideran como de moderado a bajo impacto ambiental potencial o riesgo ambiental.
- Categoría C: Corresponde a aquellos proyectos, obras, industrias o actividades, consideradas como de bajo impacto y riesgo ambiental, que se desarrollarán de forma permanente o aquellas que se materializarán en un solo acto, esta categoría deberá de ser presentada únicamente para su registro en los listados, de conformidad con el procedimiento que establezca el presente reglamento. Esta categoría no procede para proyectos, obras, industrias o actividades ubicadas en áreas protegidas.

b. Localización del proyecto, obra, industria o actividad. Las áreas de localización se agruparán en tres categorías básicas: áreas ambientalmente frágiles, áreas con planificación territorial y áreas sin planificación territorial.

VII. Eficiencia energética

El término “eficiencia energética” engloba un número de parámetros que de alguna u otra manera aportan al Consumo energético de una edificación. Estos parámetros pueden afectar el consumo energético ya sea directa o indirectamente. Por ejemplo, el sistema de iluminación afecta directamente al consumo energético del edificio ya que, si se usa luz artificial en exceso, el consumo no será eficiente. Sin embargo, existen sistemas de iluminación que tienen sensores para la detección de personas dentro de habitaciones, es decir, la iluminación se enciende cuando hay personas dentro de un área determinada y se apaga cuando no las hay. Al tener dicho sistema, el consumo de energía eléctrica será menor sin comprometer el confort de los ocupantes. En cambio, la ubicación de la edificación es un parámetro que afecta indirectamente la eficiencia de una edificación, ya que dependiendo de su cercanía a servicios de transporte público o facilidades de transportes alternativo (bicicletas, carpooling, etc), se determinará el consumo energético de la edificación.

La eficiencia energética es el uso de herramientas que permitan que parámetros como los ya mencionados, aporten mínimamente al consumo energético de una edificación sin comprometer el funcionamiento adecuado de la misma.

La eficiencia energética es un aspecto muy importante por analizar en una edificación ya que afecta los Costos de operación, por ejemplo, los costos de la electricidad y del agua. Según LEED, un edificio certificado energéticamente puede llegar a reducir aproximadamente en un 40 por ciento su consumo energético y en un 50 por ciento su consumo de agua. Aparte del ahorro económico que representa, la eficiencia energética también es un beneficio en cuanto a las emisiones de CO2 ya que se puede llegar a reducir un 35 por ciento de las emisiones de la edificación.

VIII. USGBC

United States Global Building Council, es una institución cuya misión es transformar la manera en la que los edificios y comunidades son diseñadas, construidas y operadas, permitiendo un entorno responsable tanto con el ambiente como con la sociedad, ya que proporciona un ambiente saludable y próspero que a su vez mejora la calidad de vida. Fue fundada en 1993 por Rick Fedrizzi, David Gottfried y Mike Italiano con el propósito de promover prácticas sostenibles en la industria de la construcción. En las primeras reuniones de la institución estaban presentes representantes de alrededor de 60 firmas y varias organizaciones sin fines de lucro. En dichas reuniones se compartían ideas sobre un sistema de clasificación de construcción verde, el cual luego se convertiría en LEED. Desde su lanzamiento en el año 2000, LEED ha se ha vuelto un estándar internacional para edificios edificaciones comprometidas con el medio ambiente. Council, 2013

IX. LEED

Leadership in energy and Environmental Design, LEED, es un Sistema de certificación de edificaciones desarrollado por el U.S Green Building Council, USGBC. Este sistema evalúa la capacidad de un proyecto de maximizar la salud y productividad de sus ocupantes, minimizar el uso de recursos, reducir los desechos producidos y desperdicios de agua, minimizar el impacto ambiental y reducir costos del ciclo de vida del proyecto. Para optar a una certificación LEED se debe de seguir los siguientes 8 pasos "*Green building leadership is LEED*", s.f.:

A. Elegir un sistema de clasificación

En la construcción, existen diferentes tipos de proyectos, por esa razón existen 8 sistemas de clasificación. Se debe de identificar el que se adecue mejor a las características del proyecto a evaluar. LEED establece una regla cuando un proyecto parece que puede adecuarse a varios sistemas de clasificación ya que el 100 por ciento de la edificación debe de evaluarse bajo el mismo sistema. Primero debe de asignarsele un sistema de clasificación a cada pie cuadrado del edificio, luego se elaboran los porcentajes totales de la edificación y se toma una decisión. Se utiliza el sistema de clasificación que tenga el 60 por ciento o más, del total de área construida del proyecto.

1. BD+C, Building Design and Construction. Se enfoca en el diseño y construcción tanto de edificaciones nuevas o renovaciones mayores de edificaciones existentes. Está dirigido a proyectos que no sean de uso educacional, minoreo, data center, bodegas o centros de distribución, hospitalidad, atención médica o residenciales. Estos proyectos conllevan mejoras en la climatización, modificaciones a la envolvente del edificio y/o una importante rehabilitación interior. Para proyectos donde el uso sea alguno de los mencionados anteriormente, hay opciones para adaptar el proyecto al manual.

2. ID+C, Interior Design and Construction. Para proyectos donde no se tenga control sobre todas las operaciones del edificio, pero sí se tenga la oportunidad de desarrollar espacios interiores que sean mejores para las personas. Aplica a tres usos de los espacios:

1) Interiores comerciales

2) Minoreo: Incluye tanto las áreas de servicio al cliente como las áreas de preparación o almacentamiento.

3) Hospitalidad: Para espacios interiores dedicados a hoteles, moteles u otros negocios que provean hospedaje a corto plazo.

3. O+M, Building Operations and Maintenance. Su enfoque está dirigido hacia las operaciones de un edificio existente, por medio de un análisis de edificios enteros o de espacios interiores que hayan estado ocupados por al menos un año.

4. ND, Neighborhood Development. Enfocado en crear vecindarios sostenibles y mejor conectados. Disponible para vecindarios terminados en no más de hace tres años o vecindarios que estén hasta en un 75 por ciento de su fase constructiva.

5. Homes. Las casas construidas en base a LEED se diseñan y construyen para ser saludables, es decir, que provean aire limpio en el interior y que incorporen materiales de construccion seguros. También se enfoca en reducir la energía y agua utilizada.

6. Ciudades y comunidades. Tiene como propósito ayudar a las ciudades y comunidades a desarrollar planes sostenibles y responsables para los sistemás naturales, energéticos, de agua, desechos, transporte y demás factores que contribuyan a la calidad de vida de sus pobladores. Tiene dos categorías:

1) Planeación y diseño: Para ciudades y comunidades nuevas, diseño y desarrollo de estrategias sostenibles a través de seis categorías:
   - *a*) Sistemas naturales y ecología
   - *b*) Transporte y uso de tierra
   - *c*) Eficiencia del agua
   - *d*) Energía y emisión de gases
   - *e*) Materiales y recursos y calidad de vida
2) Existentes: Mide el rendimiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales de una ciudad o comunidad, basándose en las seis categorías mencionadas anteriormente.

7. Recertificación LEED. Para aquellos proyectos en uso que hayan alcanzado una certificación LEED anteriormente.

8. Zero. Compara el carbono emitido por el consumo energético del edificio y el transporte de sus ocupantes, con las emisiones de carbono evitadas en un período de 12 meses.

B. Revisar los requisitos mínimos (MPRs)

Todos los proyectos que deseen aplicar a una certificación LEED deben de cumplir con tres requisitos mínimos para determinar si son elegibles. El propósito de estos requisitos es dar una guía clara a los clientes para reducir complicaciones que puedan ocurrir durante el proceso de certificación.

- Requisito 1: El proyecto debe de estar en una ubicación permanente y en tierra existente. Este requisito es obligatorio ya que un gran número de los requerimientos LEED dependen de la ubicación del proyecto, por esa razón, ningún proyecto que tenga planeado moverse de ubicación en algún punto de su vida puede obtener una certificación LEED.
- Requisito 2: Establecer los límites LEED. El límite del proyecto LEED debe de incluir todos los aspectos asociados con el proyecto y que apoyan sus operaciones típicas. Por ejemplo, se deben de incluir terrenos alterados como resultado de la construcción y también características utilizadas principalmente por los ocupantes del proyecto como lo son los estacionamientos, aceras, equipo séptico, equipo de tratamiento de aguas pluviales y paisajismo. El proyecto debe de comunicar con precisión el alcance del proyecto de certificación.
- Requisito 3: El proyecto debe de cumplir con un requerimiento de tamaño. El sistema LEED está diseñado para evaluar proyectos de determinado tamaño. Los tamaños que se requieren son los siguientes:

1) LEED BD+C y LEED O+M: Deben de tener un mínimo de 1000 pies cuadrados de superficie construida.
2) LEED ID+C: El proyecto debe de incluir un mínimo de 250 pies cuadrados de superficie construida.
3) LEED para desarrollo de vecindarios: El proyecto debe de tener un mínimo de dos edificaciones habitables y no debe de superar 1500 acres de área.
4) LEED para casas: El proyecto debe de estar definido como una ünidad de vivienda"por el código Residencial Internacional, el cual establece que una vivienda debe incluir disposiciones permanentes para vivir, dormir, comer, cocinar e higienizarse.

C. Definir el alcance del proyecto

Analizar el programa del proyecto LEED para identificar el alcance del mismo. Luego investigar si hay programas de certificación especiales que se puedan aplicar al proyecto, basado en su alcance. Por ejemplo, si se tienen múltiples edificios se puede utilizar el Programa de Campus.

D. Desarrollar los objetivos LEED

Identificar los créditos que se debe de intentar conseguir. Un análisis de estos objetivos puede indicar si es necesario realizar auditorías de algún tipo o comenzar a organizar datos en preparación para el período de desempeño. Con esta información se pueden identificar prioridades en el proyecto. También se debe de establecer el nivel de certificación LEED objetivo (certificado, plata, oro o platino) y los créditos necesarios para lograrlo.

E. Asignar roles y responsabilidades

Como en todo proyecto, es vital definir cuales van a ser los roles que cada involucrado tendrá y las responsabilidades que eso conlleva. Esto se hace con el objetivo de que todos tengan claros tanto los objetivos del proyecto como sus objetivos personales, de esa manera no habrá dudas en cuanto a las actividades que cada involucrado tendrá que realizar.

F. Determinar el período de rendimiento

Es necesario para la mayoría de créditos. Todos los períodos de rendimiento deben de terminar dentro de un rango de 30 días entre ellos, durar al menos tres meses, pero no más de 24.

G. Desarrollar documentación consistentemente

Se debe de documentar todo el proceso de certificación y de rendimiento, como por ejemplo, las actividades de compra deben de ser documentadas para poder seguir el progreso.

H. Realizar controles de calidad durante todo el proceso

X. Áreas de clasificación LEED

Los créditos LEED se dividen en las siguientes nueve áreas: Ubicación y transporte, sitios sustentables, uso eficiente del agua, energía y atmósfera, materiales y recursos, calidad ambiental interior, innovación, prioridad regional y proceso de integración. Cada categoría evalúa diferentes características del proyecto y tiene diferente ponderación. Cada manual de los ya mencionados, evalúa una combinación de las nueve áreas. En el caso de los edificios ya existentes que se encuentran en operación y mantenimiento se evalúan las siguientes áreas:

A. LT, Ubicación y transporte

La contaminación en la atmósfera se debe a la presencia de contaminantes en el aire generados por la actividad humana. En cantidades significativas, estas sustancias pueden dañar la vida humana, vegetal o animal. Existe una relación entre la contaminación atmosférica y la actividad económica de un determinado lugar ya que los lugares que presentan este problema son los centros urbanos de los países industriales. Onursal y Gautaam, 1997

Los contaminantes del aire se separan en dos categorías:

- Contaminantes primarios: Se emiten directamente a la atmósfera. Algunos de los contaminantes primarios emitidos por vehículos son: bióxido de carbono, monóxixdo de carbono, hidrocarburos, bióxido de azufre, óxidos de nitrógeno y plomo. Onursal y Gautaam, 1997

- Contaminantes secundarios: Se forman en la atmósfera como resultado de reacciónes químicas en las cuales están involucrados los contaminantes primarios. Algunos de los contaminantes secundarios emitidos por vehículos son: bióxido de nitrógeno, ozono, ácido sulfúrico y ácido nítrico. Onursal y Gautaam, 1997

La combustión y la evaporación del combustible son las causas de las emisiones de los vehículos automotores. En el caso de los Vehículos de combustión, las emisiones provienen del escape, el Cárter, el sistema de combustible, el sistema de aire acondicionado, los frenos y los neumáticos. Onursal y Gautaam, 1997

En Latinoamérica, los contaminantes del aire urbano más comúnes son, entre otros, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, ozono, bióxido de azufre y el plomo. La principal causa de esta contaminación en los centros urbanos de latinoamérica son los vehículos automotores. Por ejemplo, en la Ciudad de México los vehículos representan el 99 por ciento de emisiones de monóxido de carbono, el 54 por ciento de hidrocarburos y el 70 por ciento de óxidos de nitrógeno. Onursal y Gautaam, 1997

En la Ciudad de Guatemala, mediciones hechas por Juan José Ixcamparij López en el año 2015, demuestran que la cantidad de partículas suspendidas en el aire superan los valores guía establecidos por la Organización Mundial de la Salud. En el año 2018, la Superintendencia de Administración Tributaria reportó un registro de 3.54 millones de vehículos en el país, de los cuales un 44.12 por ciento, aproximadamente 1.56 millones de vehículos, corresponden a la ciudad de Guatemala. López, 2015

Esta categoría evalúa la ubicación del proyecto. Los créditos se ganan en base al fomento del transporte alternativo y la conexión con servicios como restaurantes y parques. Se consideran las características de la comunidad que rodea el proyecto y la forma en que la edificación afecta el comportamiento de los ocupantes. Un proyecto bien ubicado es aquel que aprovecha la infraestructura existente, es decir, transporte público, redes de calles, caminos peatonales, redes de bicicletas y demás servicios y comodidades.

Un estudio del Instituto de Tierras Urbanas en 2009, concluyó que las mejoras en el uso de tierra y las inversiones en infraestructura de transporte público podrían reducir las emisiones de gases de efecto invernadero del transporte en USA entre un 9 y un 15 por ciento. Este crédito se evalúa de la siguiente manera:

1. Transporte alternativo. Reducción de la contaminación a causa del uso de automóviles como medio de transporte. Hay tres opciones de evaluar este crédito:

- Encuesta de transporte: Consta de efectuar una encuesta sobre el transporte utilizado de los ocupantes de la edificación de estudio. Si la media diaria del número de visitantes es superior al número de ocupantes habituales del edificio, también se les debe de entrevistar. Se debe de encuestar al menos una vez cada cinco años. USGBC, 2014
- Tasa de transporte alternativo: Los medios de transporte que se toman como medios .ªlternativos"son los siguientes: a pie, bicicleta, transporte público, transporte compartido y vehículos verdes. Se debe de cuantificar la cantidad de personas que utilizan uno de estos medios de transporte y luego comparar la tasa encontrada con la siguiente tabla: USGBC, 2014

Tasa de transporte alternativo	Puntos
10%	3
15%	4
20%	5
25%	6
30%	7
35%	8
40%	9
45%	10
50%	11
55%	12
60%	13
65%	14
70%	15

Figura 3. Puntos por tasa de transporte alternativo USGBC, 2014

- Programa integral de transporte alternativo: Se debe de adoptar al menos un elemento de cada una de las tres categorías siguientes:
    - Estrategias educativas
        1) Orientación para nuevos empleados.
        2) boletines, folletos, anuncios, memos, cartas, etc; para empleados.
        3) página web para compartir vehículo
    - Estrategias básicas de apoyo
        1) Eventos sobre automóviles compartidos organizados por el empleador;
        2) viaje de vuelta garantizado;
        3) estacionamiento preferencial para usuarios de transporte compartido;
        4) horarios flexibles;
        5) servicio de búsqueda de vehículo compartido.
    - Estrategias directas
        1) Teletrabajo;
        2) semana laboral intensiva;
        3) subsidio de transporte;
        4) introducción de una tarifa de estacionamiento;
        5) programas para bicicletas;
        6) compensación económica para empleados por no usar el estacionamiento;
        7) programa para empleados de compra de vehículos limpios;
        8) programa de vehículos compartidos;

B. SS, Sitios sustentables

Los créditos de esta categoría evalúan la relacion entre las edificaciones con el Ecosistema en el que se encuentran. Se centra en la restauración de los elementos del sitio del proyecto, la integración del sitio con los ecosistemas locales y regionales y en la preservación de la Biodiversidad de los sistemas naturales. Los sistemas naturales de la Tierra dependen de la diversidad biológica de los bosques, humedales, arrecifes de coral y otros ecosistemas.

Un proyecto con una buena calificación en esta área debe de utilizar Métodos de bajo impacto que minimicen la contaminación de la construcción, reduzcan los efectos de isla de calor y la contaminación lumínica y que imiten los patrones naturales de flujo de agua para el manejo de la Escorrentía pluvial. USGBC, 2014

1. Prerrequisito, políticas de manejo de sitio. Se debe de implementar una política que utilice mejores prácticas de manejo para reducir desperdicios o contaminantes de los siguientes elementos del edificio y sus terrenos:

- Uso de equipo de mantenimiento de bajas emisiones;
- eliminación de nieve y hielo;
- limpieza del exterior del edificio, pavimento y de otras superficies impermeables;

- Control de la erosión y sedimentación (en operaciones constantes y en actividades de construcción);
- gestión de Desechos orgánicos (devueltos al sitio o desviados de rellenos sanitarios);
- manejo de especies de Plantas invasivas y exóticas (mediante el control y la erradicación);
- uso de fertilizantes (probar la tierra antes de usar fertilizantes para evitar añadir nutrientes en exceso);
- manejo del riego (controlar los sistemas de riego manualmente o con sistemas automatizados al menos cada dos semanas durante las estaciones de operaciones para asegurarse de que el uso de agua y los horarios de los sistemas son correctos y de que no hay fugas ni roturas);
- almacenaje de materiales y equipamiento.

2. Desarrollo del sitio - Protección o restauración del hábitat. Tiene como propósito la conservación de las áreas naturales para promover la biodiversidad. Hay dos opciones de evaluar este crédito:

- Restauración en el sitio: Se debe de tener Vegetación autóctona o adaptada en el 20 por ciento de la superficie total del sitio, siendo 465 metros cuadrados el mínimo para optar a este crédito. USGBC, 2014
- Apoyo financiero: Dar apoyo financiero a un Fideicomiso de tierras u organización de conservación con reconocimiento nacional o local dentro del mismo estado que el proyecto (a menos de 160 kilómetros). El apoyo financiero debe de se equivalente a un mínimo de 0.50 dólares por metro cuadrado por la superficie total del edificio. USGBC, 2014

3. Manejo de las aguas pluviales. La escorrentía es un efecto de la precipitación que se clasifica en tres tipos:

- Escorrentía superficial o directa: Sucede cuando la precipitación no se infiltra en el suelo sino que se mueve por la superficie del terreno a causa de la gravedad. Se da cuando el terreno está cubierto de un material con una capacidad de infiltración inferior a la intensidad de lluvia.da Coruña, 2018
- Escorrentía hipodérmica o subsuperficial: Es el resultado del agua de precipitación que se infiltró en el suelo pero se mueve de forma horizontal para reaparecer al aire libre como manantial.da Coruña, 2018
- Escorrenía subterránea: Compuesta por la precipitación que se infiltra por el suelo hasta llegar al nivel freático. da Coruña, 2018

La lluvia que escurre por los techos puede ser reutilizada para el consumo humano y/o uso doméstico ya que sus características suelen ser de mayor calidad que las del agua captada en el pavimento. Para captarla se debe de tener un techo con una pendiente que conduzca el agua hacia una canaleta o tubería que luego la lleve hacia un estanque o cisterna. CARIBE, s.f. Se requiere la reducción del volumen de la escorrentía mediante el uso de prácticas de desarrollo de bajo impacto para recolectar y tratar el 25 por ciento de las superficies impermeables para el 95 por ciento de las tormentas. USGBC, 2014

4. Reducción del efecto isla de calor. Este efecto se puede definir como la diferencia de temperatura entre el área urbana y sus alrededores como resultado de la modificación en la cobertura del suelo a causa del proceso de Urbanización. La urbanización causa que se transformen las superficies naturales con materiales impermeables como el asfalto y el concreto ya que estas superficies absorben la radiación solar y la transforman en calor sensible. Villanueva-Solis *et al*., 2013 Tumini, s.f.

Los techos, fachadas, calles, plazas, etc; acumulan calor durante el día y lo devuelven al ambiente de una forma lenta y constante. Tumini, s.f.

El consumo energético de los edificios aumenta a causa de este fenómeno ya que se gasta más energía en el enfriamiento de las estructuras. Puede suceder ya sea de día o de noche, llegando a un aumento de temperatura de hasta 10 grados centígrados. Este fenómeno tiene consecuencias directas en la calidad del aire y la salud pública. Villanueva-Solis *et al*., 2013 Tumini, s.f.

Hay tres opciones de evaluar este crédito:

1) Pisos - No cubiertas: Implementar una de las siguientes estrategias en un mínimo de 50 por ciento de la Pavimentación del sitio. USGBC, 2014

   - Emplear las plantas existentes o instalar plantas que den sombra a las áreas pavimentadas en un plazo de 10 años desde que se planten.
   - Instalar macetas con vegetación.
   - Generación de sombra mediante estructuras cubiertas por sistemas de generación de energía.
   - Generación de sombre mediante estructuras o dispositivos que tengan un valor de reflectancia solar después de tres años de un mínimo de 0.28.
   - Generación de sombra mediante estructuras con vegetación.
   - Utilización de materiales de pavimentación que tengan un valor de reflectancia solar mínimo de 0.28.
   - Utilización de un sistema de pavimento reticular abierto.

2) Cubiertas: Utilización de materiales de cubierta con un indice de reflectancia solar igual o mayor al de los valores de la figuta 2. en un mínimo del 75 por ciento del área de cubierta, o implementar una cubierta vegetal en el 50 por ciento de la superficie de cubierta. Si se fueran a emplear ambos métodos se debe de cumplir con la siguiente expresión: (área de cubierta de alta reflectancia)/0.75+(área de cubierta con vegetación)/0.5>=(área total de cubierta) USGBC, 2014

3) No cubiertas y cubiertas: Cumplir con el siguiente criterio: (área de medidas de pisos-no cubiertas)/0.5 +(área de cubierta de alta reflectancia)/0.75+(área de cubierta con vegetación)/0.5>=(área total pavimentada del sitio)+(área total de cubierta) USGBC, 2014

4) Estacionamiento bajo techo: Un mínimo del 50 por ciento de los estacionamientos deben de estar bajo techo. El techo utilizado debe de ser de un material con un indice de reflectancia solar de al menos 0.32, ser una cubierta vegetal o estar cubierto por sistemas de generación de energía. USGBC, 2014

	Inclinación	IRS inicial	IRS a los tres años
Cubierta de poca inclinación	≤ 2:12	82	64
Cubierta muy inclinada	> 2:12	39	32

Figura 4. Valor mínimo del indice de reflectancia solar según inclinación de la cubierta USGBC, 2014

5. Reducción de la contaminación lumínica. La contaminación lumínica se define como: Çualquier afectación al medio natural que esté ocasionada por la iluminación artificial nocturna. Estas afectaciones son el resplandor luminoso de la cúpula celeste, la luz intrusa en hábitats naturales oscuras, el deslumbramiento y el consumo energético."Ramón San Martín Páramo y Payás, 2012

A medida que el ser humano se desarrolla y las ciudades crecen, también crece la necesidad de sistemas de iluminación artificial. Ya sea por la simple expansión de una ciudad o por actividades nocturnas que precisan de iluminación. Algunas de las consecuencias de la contaminación lumínica son: Ramón San Martín Páramo y Payás, 2012

- Astrología: Usualmente los astros se pueden observar por la noche debido a que el cielo es oscuro y su brillo destaca. Sin embargo, la disperción de la luz nocturna en la atmósfera hace que el fondo oscuro del cielo se haga más claro y en ocasiones supere el brillo de las estrellas hasta imposibilitar su visión. Los observatorios que se encuentran cercanos a centros urbanos o zonas con iluminación artificial intensa, han visto limitadas sus posibilidades de observación, lo cual representa una pérdida importante para la comunidad científica. Ramón San Martín Páramo y Payás, 2012

- Hábitat humano: La influencia que tiene la iluminación exterior sobre la iluminación interior de los domicilios representa una intrusión en la privacidad del ser humano. A pesar de que no parece ser una consecuencia tan grave, la iluminación interior resultante puede alterar los ritmos naturales de las personas, como por ejemplo, la hora de sueño. Ramón San Martín Páramo y Payás, 2012

- Espacios naturales: Desde hace 500 millones de años, los tiempos de luz y oscuridad han permanecido constantes. Los organismos se han adaptado a dichos horarios y han evolucionado de tal manera. La contaminación lumínica en espacios naturales causan cambios en las condiciones a las cuales los organismos ya están adaptados, lo cual puede cambiar sus condiciones de alimentación y reproducción. Estos problemas primero se detectaron en la reducción de poblaciones de insectos, luego en aves migratorias hasta llegar a los anfibios, mamíferos, especies marinas e incluso vegetales. A causa de este fenómeno, se han desarrollado nuevas ramas de estudio como la escoto biología, estudio de la relación entre la vida y la oscuridad, y la cronobiología, estudio de los ritmos biológicos. Ramón San Martín Páramo y Payás, 2012

- Efectos no visuales: La luz es un importante activador de reacciones químicas, por ejemplo, los vegetales que basan su metabolismo en la función clorofílica activada por la luz, son afectados por la iluminación nocturna, lo cual los debilita. Ramón San Martín Páramo y Payás, 2012

Se evalúa con el propósito de aumentar la capacidad de visión del cielo nocturno, mejorar la visibilidad nocturna y reducir las consecuencias del desarrollo en la vida silvestre y en las personas. Hay dos opciones de evaluar este crédito: USGBC, 2014

1) Cubrir las luminarias: Cubrir totas las luminarias exteriores (cuando la media total de los lúmenes de la lámpara ecxeda los 2500) para que estas no emitan luz directamente en un ángulo vertical. USGBC, 2014

2) Mediciones del perímetro: Medir el nivel de iluminación en la noche en varios puntos espaciados en el límite del sitio, tanto con las luces encendidas como apagadas. El nivel de iluminación con las luces encendidas no debe superar un 20 por ciento del nivel medido con luces apagadas. USGBC, 2014

6. Manejo del sitio. Se busca mantener la integridad ecológica mediante prácticas de manejo de sitio sostenibles con el medioambiente, las cuales resultan en un edificio limpio, bien mantenido y seguro. Para ello se debe de cumplir con los siguientes criterios:USGBC, 2014

- No utilizar anticongelantes con cloruro de calcio ni cloruro de sodio y/o establecer áreas de tratamiento reducidas iguales al 50 por ciento de la superficie pavimentada aplicable.
- Prevenir la erosión y la sedimentación, y restaurar cualquier suelo erosionado.
- Prevenir la contaminación del aire como consecuencia de materiales y actividades de construcción.
- Desviar de los rellenos sanitarios el 100 por ciento de los desechos vegetales usando métodos de bajo impacto.
- Prevenir la aplicación excesiva de nutrientes. No usar fertilizantes con amoniaco, con base de biosólidos (para aplicaciones continuas) ni fertilizantes rápidos sintéticos, al igual que productos combinados de fertilizante y herbicida. Está prohibida la aplicación amplia de herbicidas; las hierbas se pueden controlar mediante el rociado controlado en zonas concretas.
- Monitorear los sistemas de riego manualmente o con sistemas automatizados al menos cada dos semanas durante las estaciones de operaciones para corregir cualquier fuga, rotura, uso inapropiado del agua u horario incorrecto.
- Almacenar los materiales y el equipo de modo que se prevenga la contaminación del sitio.

Además, se debe de cumplir con una de las siguientes opciones:

1) Área de césped limitada: El césped solo debe de ocupar el 25 por ciento de la zona con vegetación.

2) Solo equipamiento manual o eléctrico: Solo se debe de utilizar equipo manual o eléctrico en todas las operaciones del manejo de sitio.

3) Reducción de las emisiones del equipamiento de manejo de sitio: Se debe de demostrar una reducción del 50 por ciento de las emisisones de hidrocarburos y óxido de nitrógeno y una reducción del 75 por ciento de las emisiones de monóxido de carbono, con respecto a las condiciones de referencia.

7. **Plan de mejora del sitio.** Se debe de desarrollar un plan que incluya lo siguiente:

- La documentación de las condiciones del sitio existentes
- Los objetivos de mejora del sitio
- Los estándares de desempeño para evaluar el progreso
- Los protocolos de monitoreo

El plan debe de abarcar las siguientes áreas:

- Hidrología: Protección de los cuerpos de agua, reutilización de aguas pluviales, reducción del uso de agua potable.
- Vegetación: Documentación de vegetación existente, reducción de área de césped, gestión de las especies autóctonas, protección de especies únicas.
- Suelos: Documentación de estructura general del suelo, conservación de los suelos sanos, remedición de suelos compactados, identificación de zonas perturbadas.

C. WE, Uso eficiente del agua

Se considera el uso del agua en interiores, exteriores y usos especializados, cada crédito tiene en cuenta la eficiencia del agua. Se toman en cuenta las reducciones del uso de agua potable pero también el uso de fuentes de agua no potable y alternativas. Factores que podrían afectar esta calificación son la incorporación de paisajes nativos que eliminen la necesidad de irrigación, instalación de accesorios que ahorren agua y reutilización de las aguas residuales. Esta categoría está compuesta de tres componentes principales: el agua de interiores, el agua de riego y la medición del agua. Para analizar estos componentes es necesario disponer de varios tipos de documentación, por ejemplo: USGBC, 2014

- Planos del sitio: Se utilizan para documentar la ubicación y el tamaño de las áreas con vegetación, también la ubicación de los medidores. En el interior, muestran la ubicación de los electrodomésticos y los equipos de procesamiento de agua (por ejemplo, torres de enfriamiento, condensadores)
- Documentación de los equipos y accesorios presentes en el edificio, puede ser literatura del fabricante.
- Cálculos de ocupación: Varios créditos de esta categoría dependen de la ocupación del edificio.

D. Energía y atmósfera

Aborda la reducción del consumo de energía, las estrategias de diseño de eficiencia energética y las fuentes de energía renovables. La eficiencia energética de un edificio es un enfoque en el diseño

que reduce las necesidades energéticas generales. Algunos aspectos del diseño que contribuyen a dicha reducción son: orientación del edificio, selección de vidrios, elección de materiales de construcción apropiados para el clima, calefacción y refrigeración pasivas, ventilación natural, sistemas de calefacción de alta eficiencia y controles inteligentes. USGBC, 2014

1. Prerrequisito: Gestión básica de refrigerantes. El propósito de este requisito es disminuir el agotamiento del ozono estratosférico. El ozono es un gas que se encuentra en la estratósfera, aproximadamente a 10,000 metros de la superficie, y se encarga de retener la radiación ultravioleta del sol y convertirla en calor.

El agotamiento del ozono estratosférico causa que la radiación ultravioleta llegue hasta la superficie, provocando daños en la piel, ulceras e incluso cáncer. Los clorofluorocarbonos aparecieron en 1930, fabricados por industrias norteamericanas como General Motors. En ese entonces se pensaba que no reaccionaban de forma peligrosa y eran considerados ambientalmente seguros en la troposfera, sin embargo, años después se descubrió que cuando los clorofluorocarbonos alcanzan la estratosfera están expuestos a radiación ultravioleta, causando que se libere un átomo de cloro con un electrón libre. Este átomo de cloro es muy reactivo y con una gran afinidad por romper moléculas de ozono. Un átomo de cloro tiene el potencial de destruir hasta 30,000 moléculas de ozono.

El tiempo de vida del ozono en la estratósfera es de aproximadamente dos años. Los clorofluorocarbonos son comúnmente utilizados en refrigeración, espumas, aerosoles, esterilizantes, solventes de limpieza, entre otras aplicaciones. Santafé, s.f. Monroy, 2012

El prerrequisito consiste en verificar que los sistemas de calefacción, ventilación, aire acondicionado y refrigeración no utilizan refrigerantes con clorofluorocarbono. Sin embargo, si el período de retorno resultante de la inversión en una sustitución del equipo es mayor a diez años, se debe de reducir las fugas anuales a un máximo del 5 por ciento y reducir las fugas totales a menos del 30 por ciento durante la vida útil del equipo. El retorno simple se calcula de la siguiente manera:

Retorno Simple= (Costo de la sustitución) / (Diferencia del costo energético anual resultante + Diferencia del costo de mantenimiento y refrigerante anual resultante)

Se puede omitir las unidades pequeñas que contengan menos de 0.5 libras (225 gramos) de refrigerante.USGBC, 2014

2. Manejo avanzado de refrigerantes. Con este crédito se busca disminuir el agotamiento de la capa de ozono a causa del uso de refrigerantes dañinos. Para cumplir con el crédito se debe de realizar una investigación sobre las características de los refrigerantes utilizados actualmente en la edificación. Se debe de investigar los datos de la siguiente fórmula y cumplir con el éstandar establecido:

Sistema imperial	Sistema métrico decimal
$PCGCV + PAOCV \times 10^5 \leq 100$	$PCGCV + PAOCV \times 10^5 \leq 13$
Definiciones de cálculo para PCGCV + PAOCV x $10^5 \leq 100$ (Sistema imperial)	**Definiciones de cálculo para PCGCV + PAOCV x $10^5 \leq 13$ (Sistema métrico decimal)**
PAOCV = [PAOr x (Pr x Vida +Vr) x Cr]/Vida	PAOCV = [PAOr x (Pr x Vida +Vr) x Cr]/Vida
PCGCV = [PCGr x (Pr x Vida +Vr) x Cr]/Vida	PCGCV = [PCGr x (Pr x Vida +Vr) x Cr]/Vida
PAOCV = Potencial de agotamiento de la capa de ozono durante el ciclo vital (lb CFC 11/t-Año)	PAOCV = Potencial de agotamiento de la capa de ozono durante el ciclo vital (kg CFC 11/ (kW/año))
Potencial de calentamiento global durante el ciclo vital (lb CO_2/T-Año)	PCGCV = Potencial de calentamiento global durante el ciclo vital (kg CO_2/kW-Año)
PCGr = Potencial de calentamiento global del refrigerante (0 a 12 000 lb CO_2/lbr)	PCGr = Potencial de calentamiento global del refrigerante (0 a 12 000 kg CO_2/kg r)
PAOr = Potencial de agotamiento del ozono del refrigerante (0 a 0,2 lb CFC 11/lbr)	PAOr = Potencial de agotamiento del ozono del refrigerante (0 a 0,2 kg CFC 11/kg r)
Pr: Indice de pérdidas de refrigerante (2,0%)	Pr: Indice de pérdidas de refrigerante (2,0%)
Vr: Pérdida del refrigerante durante su vida útil (10%)	Vr: Pérdida del refrigerante durante su vida útil (10%)
Cr: Carga del refrigerante (0,5 a 5 lbs de refrigerante por tonelada de capacidad bruta de enfriamiento clasificada por AHRI)	Cr: Carga del refrigerante (0,065 a 0,65 kg de refrigerante por kW de capacidad de enfriamiento clasificada por AHRI o certificada por Eurovent)
Vida: Vida del equipamiento (10 años; por defecto de acuerdo con el tipo de equipamiento, salvo que se demuestre lo contrario)	Vida: Vida del equipamiento (10 años; por defecto de acuerdo con el tipo de equipamiento, salvo que se demuestre lo contrario)

Figura 5. Fórmula de impacto ambiental de refrigerantes USGBC, 2014

En caso de haber equipamiento de múltiples tipos se debe de calcular un promedio ponderado utilizando la siguiente fórmula:

Sistema imperial	Sistema métrico decimal
$\frac{\sum (PCGCV + PAOCV \times 10^5) \times Cunit}{Ctotal} \leq 100$	$\frac{\sum (PCGCV + PAOCV \times 10^5) \times Cunit}{Ctotal} \leq 13$
Definiciones de cálculo para $[\sum (PCGCV + PAOCV \times 10^5) \times Cunit] / Ctotal \leq 100$ (Sistema imperial)	**Definiciones de cálculo para $[\sum (PCGCV + PAOCV \times 10^5) \times Cunit] / Ctotal \leq 13$ (Sistema métrico decimal)**
Cunit = Capacidad bruta de enfriamiento clasificada por ARI de una unidad individual de HVAC o de refrigeración (toneladas)	Cunit = Capacidad bruta de enfriamiento certificada por Eurovent de una unidad individual de HVAC o de refrigeración (kW)
Ctotal = Capacidad bruta total de enfriamiento clasificada por ARI de todos los sistemas HVAC o de refrigeración	Ctotal = Capacidad bruta total de enfriamiento certificada por Eurovent de todos los sistemas de HVAC o de refrigeración (kW)

Figura 6. Promedio ponderado USGBC, 2014

E. MR, Materiales y recursos

En esta categoría se aborda la reducción del impacto ambiental durante las operaciones del edificio. Se centra en el flujo constante de productos que se compran y descartan para apoyar las operaciones de construcción. El ciclo de vida de estos prodctos y materiales puede afectar al medio ambiente y a la salud humana. Para reducir estos daños, se debe de examinar detenidamente las operaciones de compra y gestión de residuos en los edificios existentes. USGBC, 2014

1. Prerrequisito política de compras y desechos continuos. La edificación debe de tener una política de adquisiciones preferentes medioambientalmente (APM) para productos comprados en el transcurso de las operaciones habituales del edificio. Debe incluir como mínimo: USGBC, 2014

- Compras continuas
    - Las cinco categorías de productos más comprados según el total de compras anuales
    - Papel, cartuchos de tóner, carpetas, baterías y accesorios de escritorio.
    - Lámparas (interiores y exteriores, así como dispositivos instalados y portátiles).
- Compras de bienes duraderos
    - Equipo de oficinas y audiovisual y electrodomésticos
    - Equipamiento eléctrico

También se debe de tener una política de gestión de desechos sólidos preferentes medioambientalmente que abarque la reutilización, el reciclaje o el compostaje de productos comprados en el transcurso de las operaciones regulares del edificio. Debe incluir como mínimo:USGBC, 2014

- Desechos continuos
    - Las cinco categorías de productos más comprados según el total de compras anuales
    - Comida
- Desechos de bienes duraderos
    - Equipo de oficinas y audiovisual y electrodomésticos
    - Equipamiento eléctrico
- Desechos peligrosos
    - Eliminación segura de baterías y lámparas (interiores y exteriores, así como dispositivos instalados y portátiles)

F. EQ, Calidad ambiental interior

Se premia la calidad del aire interior, el confort térmico y visual y la satisfacción de los ocupantes. La ventilación es un aspecto muy importante ya que tiene un gran efecto en la salud y el confort de los ocupantes del edificio. Hay una sección que se centra en la optimización de los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado existentes y en la minimización de las fuentes de contaminantes, como los productos de limpieza y las impresoras láser. USGBC, 2014

1. Iluminación interior. El propósito de este crédito es promover la productividad mediante el confort y el bienestar de los ocupantes a través de iluminación de alta calidad. Para obtener el crédito se debe de cumplir con 4 de las siguientes estrategias: USGBC, 2014

- En todos los espacios ocupados con regularidad, contar con dispositivos de iluminación con una luminosidad menor de 2500 cd/m2 en un ángulo de 45 a 90 grados respecto al nadir.Las excepciones incluyen los dispositivos de iluminación para bañar muros enfocados hacia las paredes de manera adecuada tal y como se especifica en la información del fabricante, los dispositivos de iluminación ascendente indirecta, siempre que no haya un espacio ocupado con regularidad más elevado con vistas hacia los mismos, y cualquier otra aplicación específica (como luminarias ajustables) USGBC, 2014

- Contar en todo el proyecto con fuentes de iluminación con un índice de reproducción cromática (CRI según siglas en inglés) de 80 o superior. Las excepciones incluyen las lámparas o dispositivos diseñados específicamente para ofrecer iluminación coloreada para efectos, la iluminación del sitio u otros usos especiales. USGBC, 2014
- En al menos el 75 por ciento de la carga total conectada contar con fuentes de luz con una vida nominal (o L70 en fuentes LED) de al menos 24 000 horas (con 3 horas por encendido si fuera pertinente). USGBC, 2014
- Limitar la iluminación superior directa al 25 por ciento como máximo del total de la carga de iluminación conectada en todos los espacios regularmente ocupados. USGBC, 2014
- En al menos el 90 por ciento de las superficies ocupadas con regularidad cumplir o sobrepasar los siguientes umbrales de reflectancia media de las superficies ponderada según área: 85 por ciento en techos, 60 por ciento en paredes y 25 por ciento en pisos. USGBC, 2014
- Cumplir o superar los siguientes umbrales de reflectancia media de las superficies ponderada según área: 45 por ciento en superficies de trabajo y 50 por ciento en tabiques móviles. USGBC, 2014
- En al menos el 75 por ciento de las superficies regularmente ocupadas lograr una ratio de iluminancia de la superficie de la pared (excluyendo ventanaje) con respecto a la iluminancia media del plano de trabajo no superior a 1:10. Cumplir asimismo las estrategias E y F, o demostrar una reflectancia de la superficie ponderada por área de al menos el 60 por ciento en paredes. USGBC, 2014
- En al menos el 75 por ciento de las superficies regularmente ocupadas lograr una ratio de iluminancia techo (excluyendo ventanaje) con respecto a la iluminancia del plano de trabajo no superior a 1:10. Cumplir asimismo las estrategias E y F, o demostrar una reflectancia de la superficie ponderada por área de al menos el 85 por ciento en techos. USGBC, 2014

2. iluminación natural y vistas de calidad. En busca de reducir el uso de iluminación eléctrica mediante la iluminación natural, se debe tener una línea directa de visión al exterior mediante ventanas con vistas para el 50 por ciento de la superficie regularmente ocupada. Las ventanas con vistas en la zona incluida deben permitir una visión clara del exterior no obstaculizada por fritas, fibras, vidrios con diseños o tintes añadidos que distorsionen el balance de color. USGBC, 2014

Adicionalmente, el 50 por ciento de toda la superficie regularmente ocupada debe tener al menos dos de las siguientes cuatro clases de vistas:

- Múltiples líneas de visión a ventanas con vistas en distintas direcciones, separadas al menos por 90 grados. USGBC, 2014
- Vistas que incluyan al menos dos de los siguientes elementos: (1) flora, fauna o cielo; (2) movimiento; y (3) objetos a al menos 25 pies (7,5 metros) del exterior de la ventana. USGBC, 2014
- Vistas sin obstrucción ubicadas a una distancia de tres veces la altura máxima de la ventana con vistas; USGBC, 2014
- Vistas con un factor 3 o superior según la publicación “Windows and Offices; A Study of Office Worker Performance and the Indoor Environment”. USGBC, 2014

3. Encuesta de confort de los ocupantes. Para poder evaluar el confort de los ocupantes del edificio, se requiere realizar una encuesta a los ocupantes sobre:

- Acústica
- Limpieza del edificio
- Calidad del aire interior
- Iluminación
- Confort térmico

Se deben tomar respuestas de un muestreo representativo de los ocupantes del edificio que constituya al menos el 30 por ciento del total de los ocupantes. Documentar los resultados de la encuesta. Desarrollar e implementar un plan de acciones correctivas para tratar problemas de confort si los resultados indican que más del 20 por ciento de los ocupantes está insatisfecho. USGBC, 2014

Cuando ya se hizo el análisis de todas las áreas del sistema de clasificación elegido, se suman todos los puntos y se obtiene una puntuación total. Para obtener una certificación es necesario que la puntuación total caiga dentro de uno de los rangos establecidos por LEED:

- Certificado: 40-49 puntos.
- Plata: 50-59 puntos.
- Oro: 60-79 puntos.
- Platinum: 80+ puntos.

XI. Metodología

Para realizar el análisis de la Universidad se tomó como referencia el manual de certificación LEED v4 para LA OPERACIÓN Y EL MANTENIMIENTO DE EDIFICIOS orientado a Centros Educacionales. Del manual se identificaron las siguientes variables de estudio a evaluar en la Universidad:

- Tipos de materiales presentes en las superficies
- Área por cada superficie presente
- Uso de transporte alternativo
- Consumo de artefactos sanitarios
- Caudal pluvial generado por superficies impermeables
- Confort de los ocupantes en las siguientes áreas:
  - Acústica
  - Limpieza del edificio
  - Calidad del aire interior
  - Iluminación
  - Confort térmico

A. Tipo de investigación

Este trabajo es de tipo no experimental descriptiva ya que únicamente se estudian y describen los fenómenos de la forma que suceden naturalmente si tener que interferir en su desarrollo. Asímismo, el trabajo es tanto cualitativo como cuantitativo ya que se calculan ciertos parámetros como la precipitación el uso de agua sanitaria pero también se estudian aspectos cualitativos como las rutas que sigue el transporte público, el grado de conformidad de los estudiantes con ciertos aspectos del edificio, entre otros.

B. Fuentes de investigación

1. Fuentes primarias.

- Se utilizó el proyecto final del curso de Topografía, el cual se recibió en el quinto ciclo de la carrera. Dicho proyecto consistió en la realización del levantamiento topográfico de la Universidad del Valle de Guatemala.

2. Fuentes secundarias.

- Se utilizaron mapas de las rutas del transporte público del departamento de Guatemala, efectuados por la Superintendencia de Transporte Público Colectivo Urbano de la Municipalidad de Guatemala.
- Se utilizó un plano de ubicación de la Universidad del Valle de Guatemala, elaborado por el departamento de construcción y mantenimiento de la misma universidad.
- Se utilizaron las ortofotos de la República de Guatemala generadas por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación en el año 2006.
- Se utilizó el shapefile de los municipios de Guatemala proporcionado por el arquitecto Al Moshe Asturias Romero en el curso SIG y Geodesia, impartido en el sexto ciclo de la carrera.
- Se utilizó el shapefile de las calles de Guatemala proporcionado por el arquitecto Al Moshe Asturias Romero en el curso SIG y Geodesia, impartido en el sexto ciclo de la carrera.

C. Población

La población de estudio fueron los estudiantes de ingeniería civil que son ocupantes habituales de las aulas del edificio J de la Universidad del Valle de Guatemala.

D. Técnicas de recolección de información

Para la recolección de información de la población se hizo uso de la herramienta Google Forms para poder realizar una encuesta. Las demás fuentes secundarias fueron obtenidas mediante una búsqueda en internet.

E. Delimitación de rutas de transporte público

1) Se recolectaron los mapas con rutas de transporte público del departamento de Guatemala.

2) Se creó un nuevo proyecto de QGIS versión 3.0.3

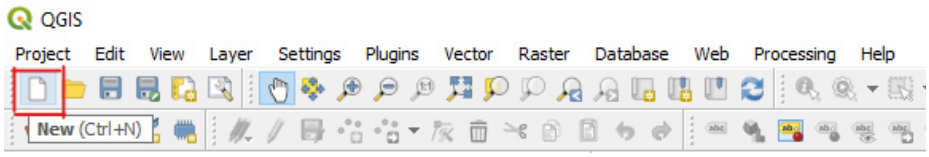


Figura 7

3) Se insertó el "shapefile"de municipios de Guatemala al proyecto.

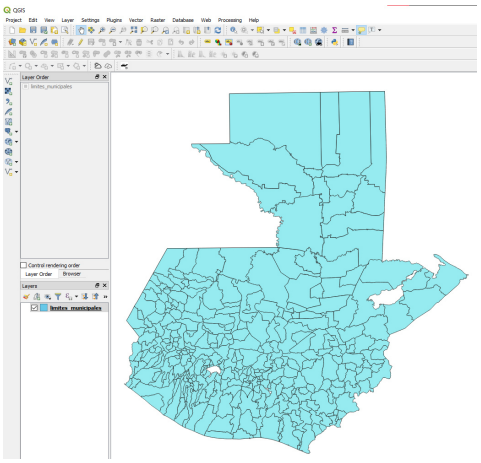


Figura 8

4) Se insertó el "shapefile"de caminos de Guatemala al proyecto.

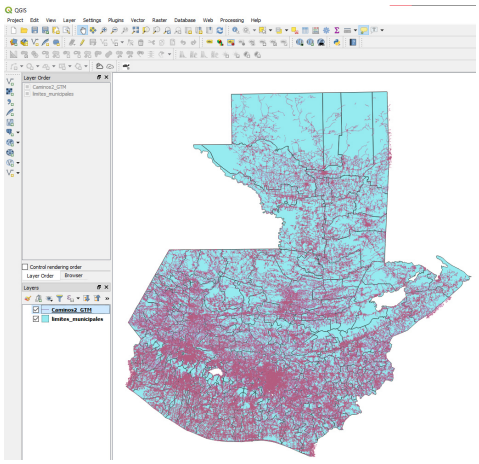


Figura 9

5) Se creó un "shapefile"que contenía únicamente los municipios del departamento de Guatemala.

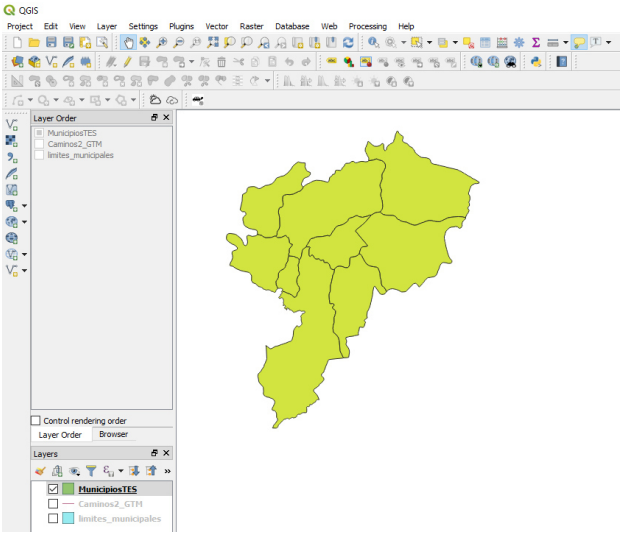
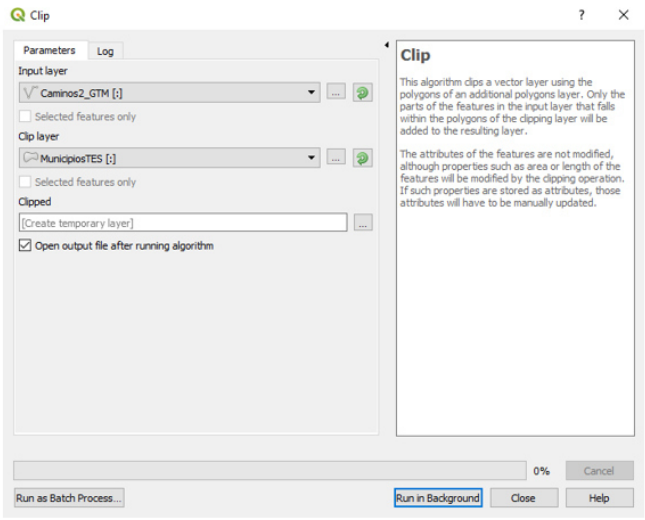


Figura 10

6) Con la herramienta de geoprocesos, Clip, se extrajo la intersección entre los municipios del departamento Guatemala y los caminos de toda la República dado que solamente los caminos de dicho departamento conciernen al análisis realizado.



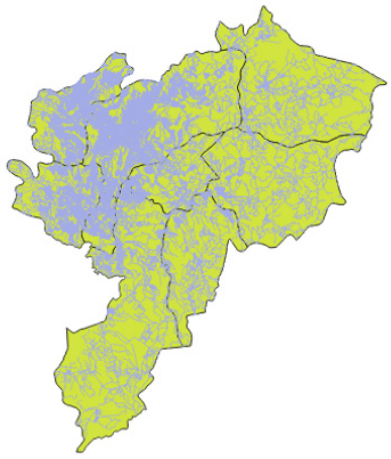


Figura 11

7) En el menú Plugins > Manage and Install Plugins..., se buscó e instaló el plugin "QuickMap-Services".

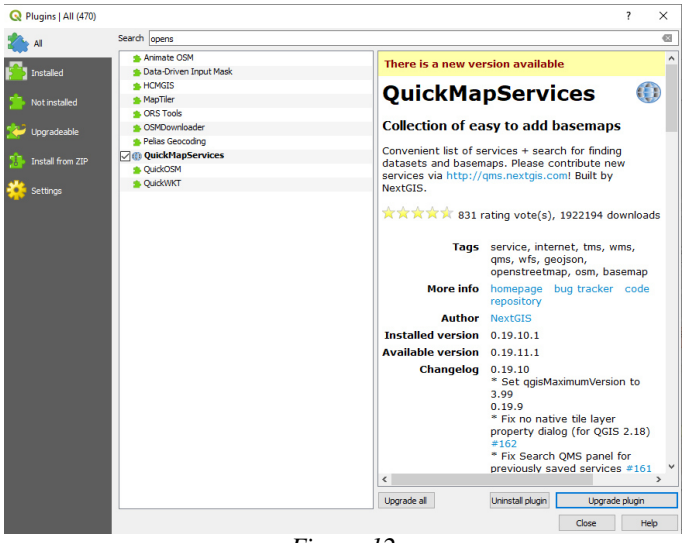


Figura 12

8) En el menú Web > QuickMapServices > OSM, se añadió la capa .ºSM Standard", con el objetivo de poder identificar por número de calle o avenida, cada una de las líneas de la capa de caminos.

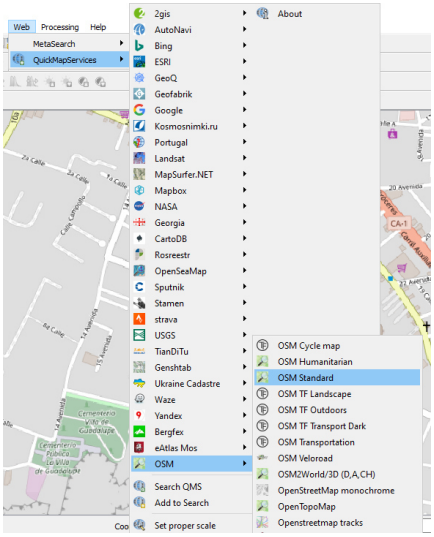


Figura 13

9) Se dejaron activas únicamente las capas de OpenStreetMap y la de caminos del departamento de Guatemala.

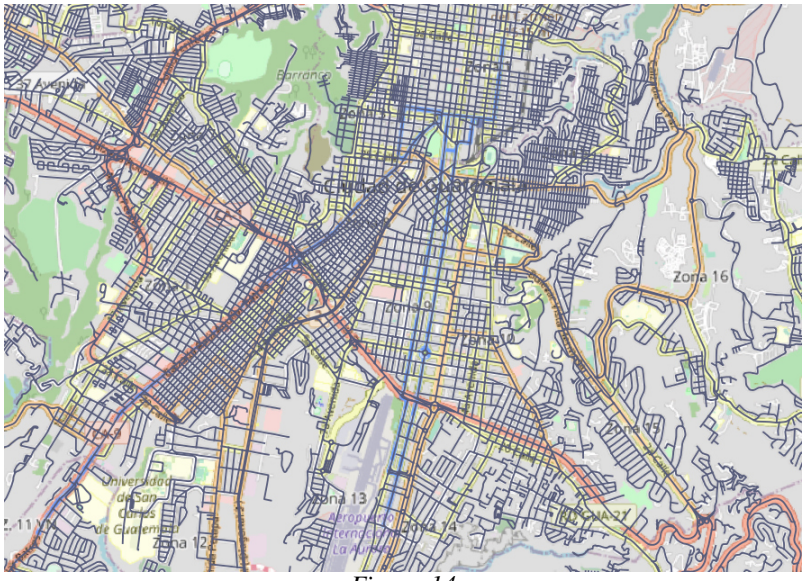


Figura 14

10) En la barra de herramientas, se seleccionó la opción "Select Features"para poder seleccionar únicamente los caminos que nos interesan.



Figura 15

11) En la barra de herramientas, se seleccionó la opción "Toggle Editing"para poder editar la capa de caminos y así delimitar las rutas de transporte.



Figura 16

12) Se delimitó la ruta de transporte en cuestión con base en las calles, avenidas y carreteras dibujadas en los planos de la municipalidad.

13) Después de delimitar la ruta, se vuelve a seleccionar la opción "Toggle Editingz se guardaron los cambios realizados a la capa.

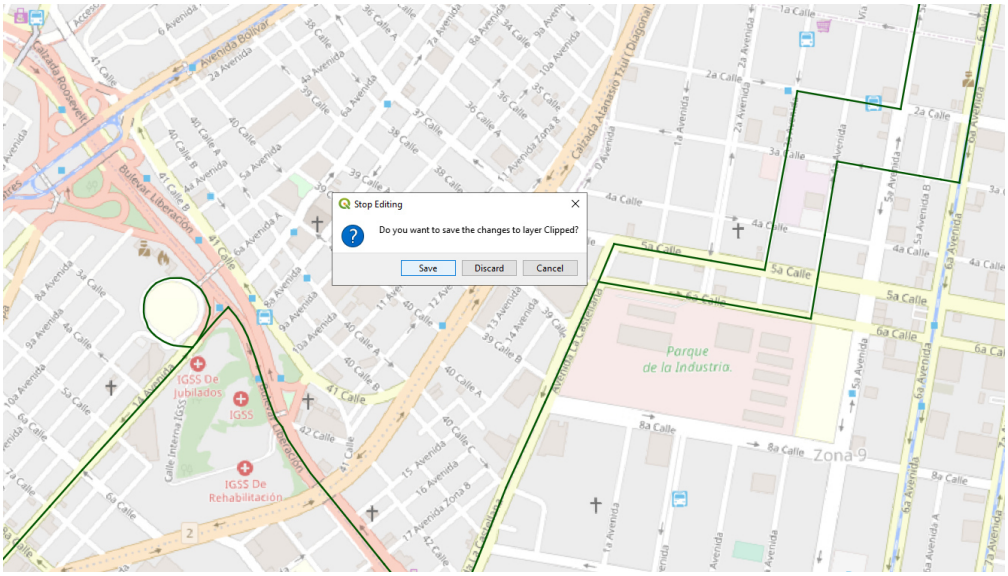


Figura 17

14) El proceso se repitió para cada una de las rutas de transporte público, quedando así, una ruta en cada capa del proyecto.

F. Cálculo de áreas de la Universidad del Valle de Guatemala utilizando Ortofotos y QGIS

1) Se visitó la pagina web de SEGEPLAN y se copió el enlace de las ortofotos tomadas por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación en el 2006.

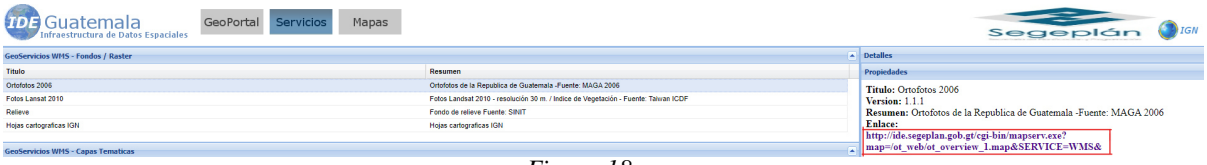


Figura 18

2) Se seleccionó la opción .ªdd WFS layer".

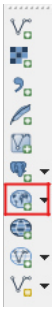


Figura 19

3) Al momento de aparecer el menú, se seleccionó la opción "Newz luego se pegó el enlace de la ortofoto en el campo: ÜRL". "*GeoServicios WMS - Fondos/Raster*", s.f.

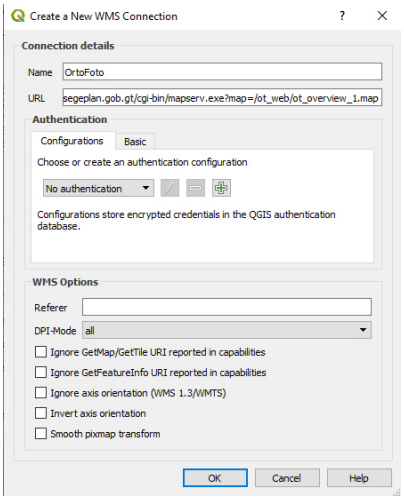


Figura 20

4) Se seleccionó la opción .ºKz luego la opción Çonnect"

5) El el cuadro de capas se seleccionaron las indicadas en la Figura 21 y luego se seleccionó el botón .ªdd".

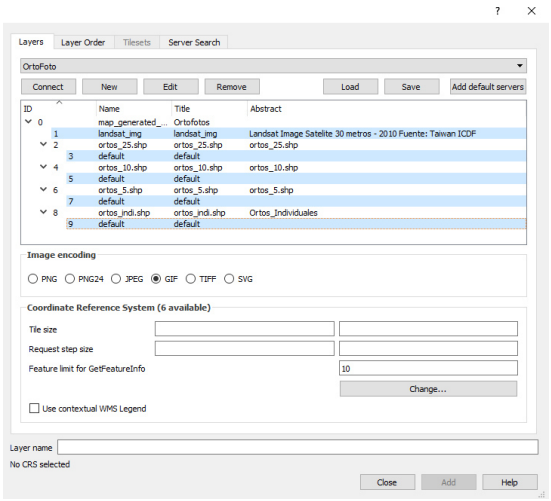


Figura 21

6) Luego de cargar la ortofoto, se localizó la Universidad del Valle de Guatemala.

7) Ya localizada la Universidad, se seleccionó la opción "New Shapefile Layer"para añadir una nueva capa vacía.



Figura 22

8) En el cuadro que aparece al terminar el paso anterior, se nombró la capa y se seleccionó el tipo de geometría "Polygon". Es importante asegurarse que la proyección sea la misma que la de la ortofoto. Luego se selecciona la opción .ºK".

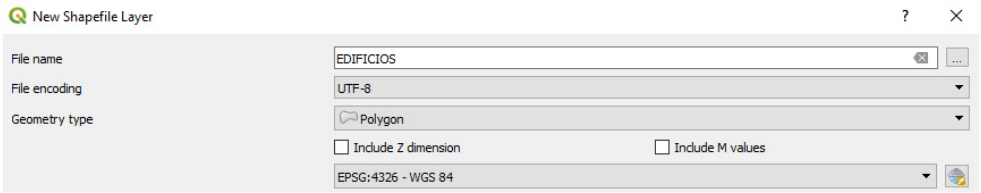


Figura 23

9) Ya creada la nueva capa, se selecciona la opción "Toggle Editingz luego .Add Polygon Feature"

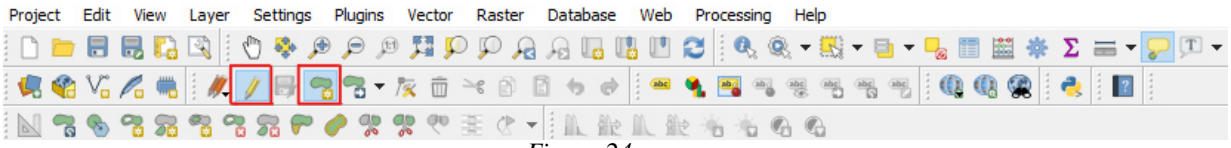


Figura 24

10) Después, se dibujaron los polígonos de los edificios o elementos que se deseaban identificar encima de la ortofoto, la cual sirvió como referencia.



Figura 25

11) El paso anterior se repitió para dibujar los polígonos de los edificios, pasillos, áreas verdes, parqueos pavimentados y parqueos de terracería de la Universidad del Valle de Guatemala.

12) Al tener la capa con todos los polígunos dibujados, se calculó el área de cada polígono al seleccionar la opción .Open Field Calculator".

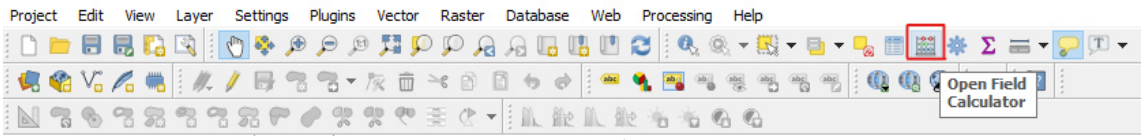


Figura 26

13) En el cuadro de Field Calculator, se seleccionó Decimal Number (real) en el campo de .ºutput field type", la precisión se incrementó a 2 decimales, y se seleccionó Geometry > (signo de dólar)area. Luego se cierra el cuadro seleccionando .ºKz el área de cada polígono aparece en la tabla de atributos de la capa.

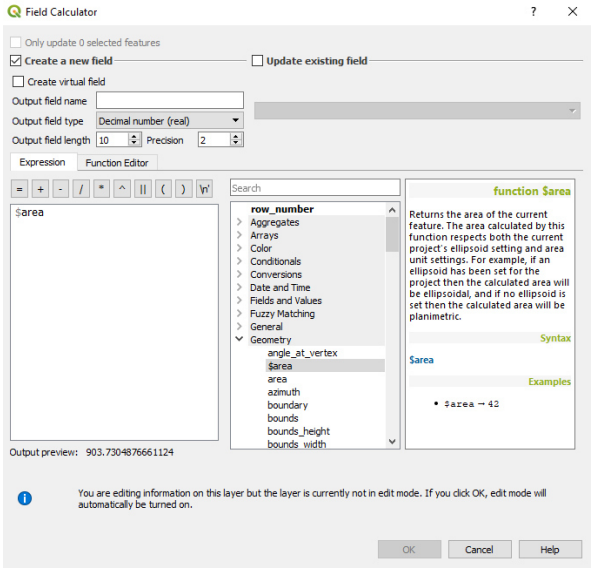


Figura 27

G. Cálculo de áreas de la Universidad del Valle de Guatemala utilizando levantamiento topográfico

1) Se utilizó el plano DWG de planta con áreas delimitadas elaborado el curso de Topografía.



Figura 28

2) Con ayuda de la ortofoto y apuntes del curso de Topografía, se clasificaron las áreas del plano según 5 categorías, edificios, pasillos, área verde, parqueo pavimentado y parqueo de terracería.

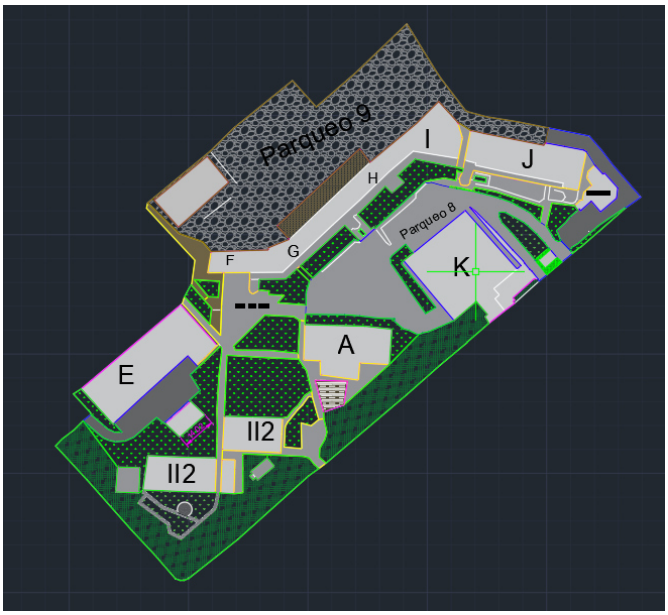


Figura 29

3) Por medio de polilíneas, se delimitó cada área correspondiente a las categorías mencionadas en el paso anterior. Luego, por medio de la función Data Extraction de AutoCad, se procedió a calcular las áreas de cada capa.

4) Al iniciar la funcion Data Extraction, se crea una plantilla de extracción y se selecciona la información que se desea cuantificar. Por lo tanto, se hizo click en el botón indicado en la Figura 30 y luego se seleccionaron todos los polígonos dibujados y se selecciona la opción "Next".

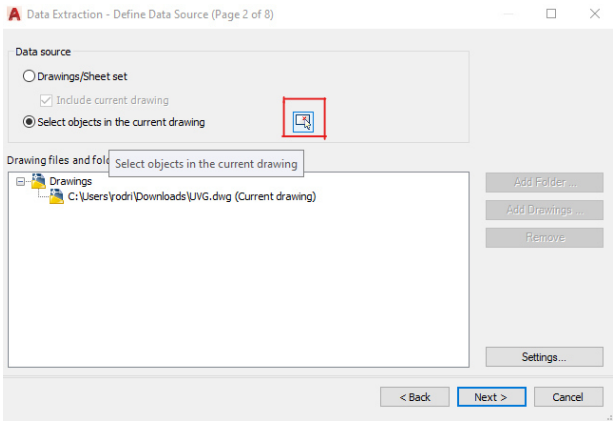


Figura 30

5) Luego se dejó marcada únicamente la opción de Polyline ya que los polígonos se dibujaron a partir de polilíneas.

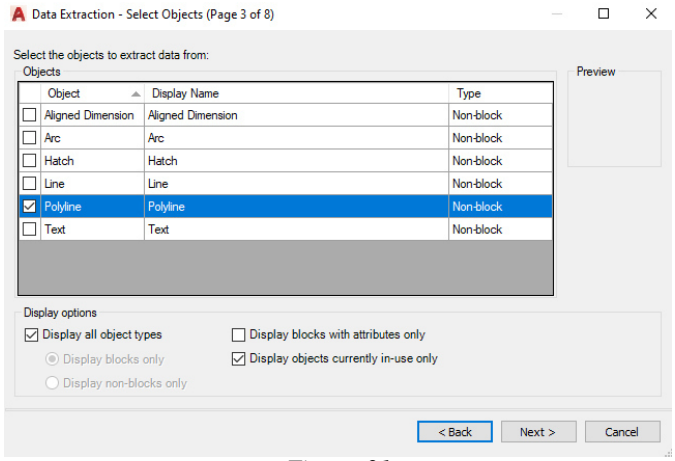


Figura 31

6) En el siguiente cuadro se marcaron las propiedades: Área y Layer ya la información necesaria era el área total correspondiente a cada capa.

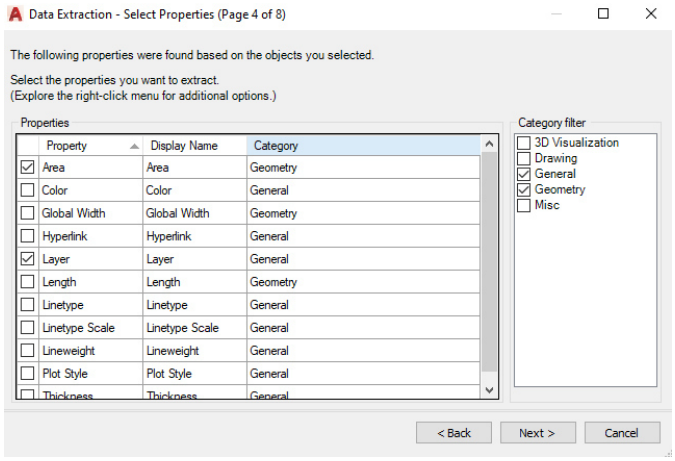


Figura 32

7) En el siguiente cuadro se muestra una previsualización del cuadro de cuantificación, se seleccionó la opción Next sin realizar cambios.

8) Se seleccionó la opción de extraer la información y el lugar donde se guardará el documento de cuantificación,

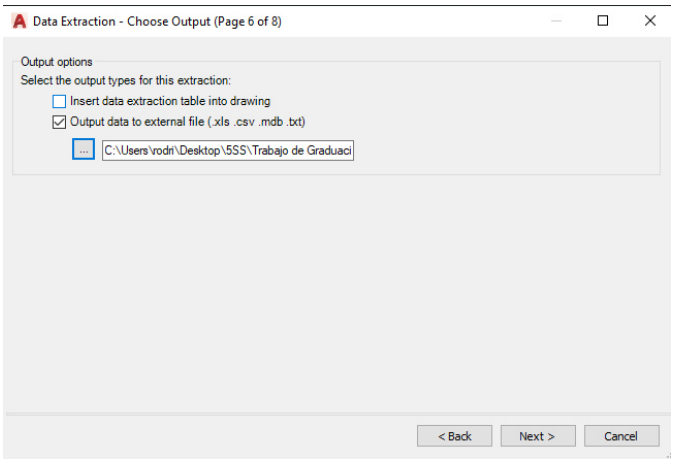


Figura 33

9) Se seleccionó la opción Finish y se concluye el proceso de cuantificación de áreas en Auto-Cad.

H. Cálculo de áreas de la Universidad del Valle de Guatemala utilizando plano de ubicación de la Universidad

1) Se descargó el programa "Design Review"de Autodesk, para poder cuantificar las áreas del plano.

2) Ya descargado el programa, se abrió el pdf con el plano de ubicación.

3) En el menú Measure, se seleccionó la opción "Lengthz se acotó una longitud conocida.

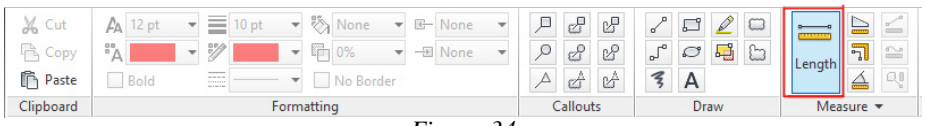


Figura 34

4) En el menú Measure, se selecciona la flecha que apunta hacia abajo y luego la opción "2D Units Scale".

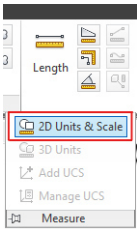


Figura 35

5) En el cuadro que apareció al terminar el paso anterior, se seleccionó la unidad de medida del plano, metros, se seleccionaron dos decimales y por último, para la escala se seleccionó la opción Çustom Scalez se varió el valor del campo .Actual:"hasta que la cota hecha en el paso 3 coincidiera con la longitud real.

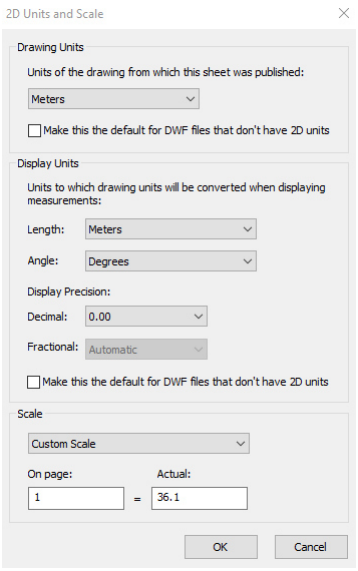


Figura 36

6) Luego, en el manú Measure se seleccionó la opción .Areaz se delimitaron las áreas de edificios, pasillos, áreas verdes, parqueos pavimentados y terracería. Asignándole un color distinto a cada categoría.

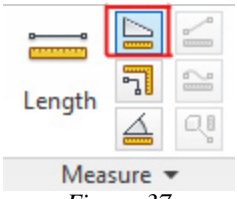


Figura 37

I. Cálculo del caudal pluvial a tratar

El agua que cae en los techos o superficies impermeables, debe de ser recolectada por algún sistema de drenaje. Ya sea que dicha agua se combine con el agua proveniente del drenaje de los artefactos sanitarios o que sea recolectada por separado. Utilizar el mismo sistema de drenaje para el agua pluvial y sanitaria tiene un beneficio económico, ya que se pueden unificar elementos de construcción y diluir los costos de cada sistema. Por otro lado, el drenaje sanitario debe de pasar por una planta de tratamiento que elimine cualquier tipo de contaminante dañino para la salud humana y al momento de unificar los drenajes el volumen de agua a tratar es mayor, por lo tanto, la planta

de tratamiento es más costosa. Además, se estima que el volúmen de agua pluvial es de 50 a 200 veces mayor que el volúmen de agua residual. Martínez, 2013

El sistema de drenaje pluvial está formado por diferentes componentes, tales como las estructuras de captación, estructuras de conducción, estructuras de conexión y estructuras de almacenamiento. Las estructuras de captación son aquellas que recolectan el agua que se desea tratar o conducir, en el caso de los edificios es común utilizar canales con rejillas o reposaderas. Las estructuras de conducción se encargan de llevar el agua recolectada hacia su destino final, ya sea una planta de tratamiento o una conexión. Las estructuras de conexión son las que aportan al mantenimiento de las estructuras de conducción y permiten la conexión entre tuberías de diferente diámetro o material. Por último, las estructuras de almacenamiento son las que reciben el agua antes de ser tratada o vertida. Martínez, 2013

El caudal a tratar en el sistema de drenaje aguas pluviales, se calculó por el método racional, el cual está dictado por la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{C * I * A}{0.360} \tag{1}$$

Donde:
Q: Caudal de diseño a 20 años (litros/segundo)
C: Relación entre la escorrentía y la cantidad de lluvia caída en el área (adimensional)
I: Intensidad de lluvia (milimetros por hora)
A: Área a drenar (Hectáreas)

Para el cálculo de la intensidad de lluvia se utilizó la siguiente fórmula del Reglamento Municipal para Diseño y Construcción de drenajes: de Guatemala, 2008

$$I = \frac{6889.1}{t + 39.5} \tag{2}$$

Donde:
t: Tiempo de concentración, el cual puede considerarse como 12 minutos para el territorio de Guatemala según la tesis de Hugo Montes de Oca. de Oca Sagastume, 2004

El coeficiente de escorrentía fue extraído del cuadro 1, extraído de la tesis de Maynor Obdulio Corado.Castro, 2008

Cuadro 1
"Coeficientes de escorrentía áreas pobladas"

Tipo de superficie	**Valor de C**
Pavimentos de asfalto o concreto	0.70-0.95
Pavimentos de adoquín	0.70-0.85
Techos y azoteas	0.75-0.95

Fuente: (Corado, 2008).

El coeficiente de escorrentía del Cuadro 1 aplica únicamente para períodos de retorno de 5 a 10 años, dado que el caudal calculado será a 20 años, se debe de usar un factor de corrección del Cuadro 2, extraído de la tesis de Maynos Obdulio Corado.

Cuadro 2
"Factores de corrección"

Período de retorno	**Factor**
25 años	1.10
50 años	1.20
100 años	1.25

Fuente: (Corado, 2008).

Por lo tanto, la fórmula para calcular el caudal a tratar quedaría de la siguiente manera:

$$Q = \frac{1.10 * C * A * 6889.1}{0.360 * (t + 39.5)} \tag{3}$$

Este cálculo se hizo con el propósito de conocer el caudal a tratar para cumplir con el Crédito LEED SS: Manejo de las aguas pluviales. Como fue descrito anteriormente, este crédito tiene como requisito recolectar y tratar el agua del 25 % de las superficies impermeables para el percentil 95 % de las tormentas. De la medición de áreas se obtuvo el área total de superficies impermeables, siendo esta la suma de las áreas de Edificios y Pavimento. Con el propósito de ser más conservador, se utilizó la mayor área obtenida por medio de las mediciones, es decir, la obtenida del plano de ubicación. El 95 % de la suma de ambas áreas es igual a:

$$A = 0.95 * (10,939.20m2 + 3,791.14m2 = 13,993.8m2 \tag{4}$$

Teniendo el área, tiempo de concentración y coeficiente de escorrentía, el caudal es igual a:

$$Q = \frac{1.10 * 0.95 * 0.0001 * 13,993.8 * 6889.1}{0.360 * (12 + 39.5)} = 543.38l/s = 0.54338m3/s \tag{5}$$

XII. Transporte alternativo

Es de conocimiento común el hecho de que el transporte alternativo más utilizado en la Ciudad de Guatemala es el transporte público ya que no existe la infraestructura para la utilización de las bicicletas y los vehículos verdes son un mercado poco desarrollado en Guatemala. El caso de los ocupantes de la Universidad del Valle de Guatemala no es la excepción ya que a pesar de que el transporte compartido, carpooling, también es utilizado por algunas personas, la cantidad de personas que utilizan el transporte público es significativamente mayor comparado con las personas que llegan a pie, en bicicleta o compartiendo vehículo.

Para poder determinar el número de personas que utiliza cada medio de transporte alternativo es necesario realizar una encuesta a los ocupantes del proyecto, sin embargo, dado que las personas que utilizan este tipo de transporte son en su mayoría personal de mantenimiento, seguridad y administrativo, y tomando en cuenta que una parte de ese grupo de personas no estuvo asistiendo a la Universidad a causa de la pandemia, no se pudo realizar la encuesta. Sin embargo, se tomó la decisión de delimitar las rutas del transporte público en QGIS por dos razones. La primera razón es el hecho de que al tener delimitadas las rutas en QGIS, es posible realizar un análisis energético calculando la huella de carbono de la Universidad debido al medio de transporte que utilizan sus ocupantes. LEED no requiere que se realice dicho análisis si no que solamente exige que se realice la encuesta ya mencionada anteriormente. Sin embargo, para poder saber exactamente cuál es el impacto que tiene cada medio de transporte utilizado por ocupantes de la Universidad, es necesario realizar un análisis de huella de carbono ya que conociendo la distancia que recorren desde su hogar hasta la Universidad y el tipo de vehículo/transporte que utilizan es posible conocer la cantidad de dióxido de carbono, CO2, que se emite.

En la Figura 38 se muestra el resultado de la delimitación de rutas en QGIS, en el cual se pueden observar todas las rutas delimitadas sobrepuestas con diferentes colores. Como referencia, detrás se encuentra la capa OpenStreetMap para poder identificar las calles y avenidas por las que recorre cada ruta. Además, en la sección de Anexos se adjuntan los mapas de cada una de las rutas delimitadas.

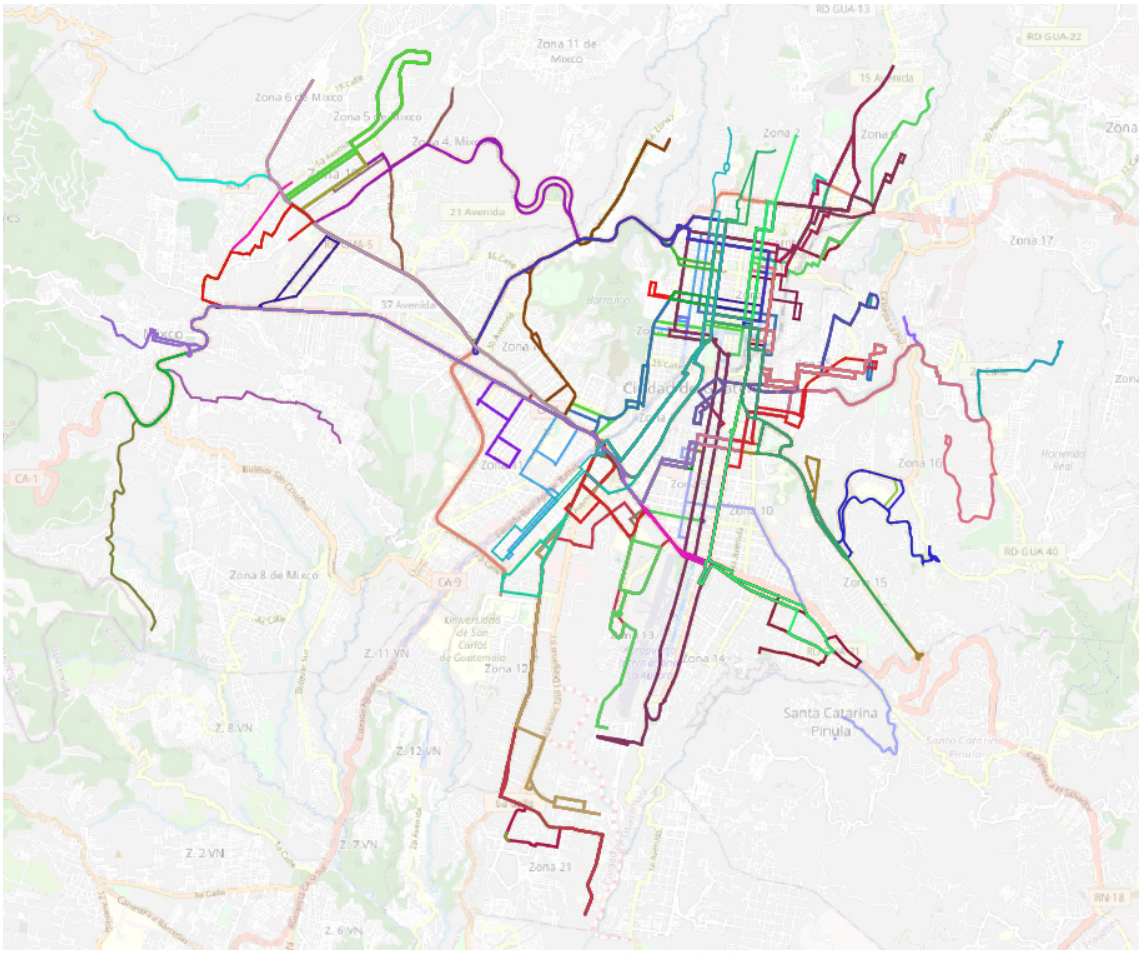


Figura 38. Rutas de transporte público delimitadas en QGIS

XIII. Medición de áreas de superficies

Como se describió en la metodología, la medición de las áreas de superficies de la Universidad se hizo por medio de tres métodos para poder comprobar si habría una diferencia a la hora de comparar las áreas con los estándares que requiere LEED. La primera medición se hizo por medio de la delimitación de áreas basada en las ortofotos tomadas por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación en el año 2006. La segunda medición se hizo con ayuda del levantamiento topográfico realizado en el curso de Topografía de la Universidad. El resultado del procedimiento descrito en la metodología fue un plano de Autocad con las áreas delimitadas y clasificadas y la extracción de datos de las áreas. Por último, la tercera medición se hizo por medio de Design Review con el plano de ubicación proporcionado por la Universidad.

Cuadro 3
"Áreas por cada método de medición"

Tipo	Ortofoto (m2)	Topografía (m2)	Plano de ubicación (m2)
Áreas Verdes	9,033.02	7,386.90	7,598.31
Edificios	8,698.23	10,233.08	10,939.2
Pavimento	3,438.99	3,595.03	3791.14
Terracería	4,755.79	4,697.04	4,750.42
TOTAL	25,926.03	25,912.04	27,079.07

Fuente: elaboración propia

Cuadro 4
"Porcentajes de áreas por cada método de medición"

Tipo	Ortofoto	Topografía	Plano de ubicación
Áreas Verdes	34.84 %	28.51 %	28.06 %
Edificios	33.55 %	39.49 %	40.40 %
Pavimento	13.26 %	13.87 %	14.00 %
Terracería	18.34 %	18.13 %	17.54 %
TOTAL	100 %	100 %	100 %

Fuente: elaboración propia

Los datos de los cuadros 3 y 4 fueron calculados para compararlos con los estandares que requiere LEED en algunos de sus créditos, a continuación se compararán las áreas y porcentajes medidos por cada método:

A. Crédito SS: Desarrollo del sitio - Protección o restauración del hábitat

Se requiere contar con vegetación autóctona o adaptada en el 20 % de la superficie total del sitio, siempre y cuando se tenga un mínimo de 465 metros cuadrados. En el caso de la Universidad del Valle de Guatemala sí se cumple con el área mínima establecida ya que la menor área medida de área verde es de 7,598.31 metros cuadrados, la cual es significativamente mayor a los 465 metros cuadrados que se requieren.

Cuadro 5
"Requerimiento de Área Verde"

Tipo	Requerimiento LEED	Ortofoto	Topografía	Plano de ubicación
Área Verde	20.00 %	34.84 %	28.51 %	28.06 %

Fuente: elaboración propia

En el Cuadro 5 se muestra que con las áreas obtenidas de los tres métodos de medición son mayores al 20 % requerido por LEED, por lo tanto, sí se cumple con estre crédito independientemente del método de medición.

B. Crédito SS: Reducción del efecto isla de calor

Una de las opciones para evaluar este crédito requiere que un porcentaje del área de superficie construida tenga cubierta de alta reflectancia y/o cubierta con vegetación. Sin embargo, en la Universidad no existe algún tipo de cubierta de alta reflectancia o con vegetación, por lo tanto, no se evaluó este crédito.

C. Crédito SS: Plan de mejora del sitio

Se requiere contar con vegetación en el 5 % de la superficie total del sitio. Adicionalmente, se requiere una documentación del tipo de vegetación existente, con el propósito de limitar la superficies de césped y gestionar las especies autóctonas e invasivas y también para proteger especies únicas o amenazadas. Sin embargo, dado que no se pudo realizar una visita a la Universidad, no se realizó la documentación si no que solamente se verificó que se cumpliera con el área requerida.

Cuadro 6
"Requerimiento de Vegetación"

Tipo	Requerimiento LEED	Ortofoto	Topografía	Plano de Ubicación
Área Verde	5.00 %	34.84 %	28.51 %	28.06 %

Fuente: elaboración propia

D. Prerrequisito WE: Uso eficiente del agua

El prerrequisito exige que el consumo de los artefactos sanitarios presentes en el edificio sean menores que los establecido en el estándar LEED. Dado que no fue posible hacer una visita a la Universidad, para poder verificar este consumo se le pidieron fotos de los artefactos sanitarios del Edificio J a la licenciada Eugenia Barillas, secretaria del Departamento de Ingeniería civil de la Universidad. A continuación se adjuntan las imagenes del inodoro, grifo de lavamanos y mingitorio presentes en los baños del edificio J de la Universidad del Valle de Guatemala



Figura 39. Urinario



Figura 40. Inodoro



Figura 41. Datos técnicos del inodoro



Figura 42. Grifo y lavamanos

Cuadro 7
"Consumos de artefactos sanitarios"

Artefacto	Requerimiento LEED	Consumo real
Inodoro	1.6 g/d	1.6 g/d
Urinario	1.6 g/d	0 g/d
Grifo de lavabos públicos	0.5 g/m	N/A

Fuente: elaboración propia

En el Cuadro 7 se comparan los consumos de los artefactos presentes en la Universidad contra los consumos estándar establecidos por LEED. En el caso de inodoro, el consumo está descrito en la cerámica y se pudo comprobar que cumple con lo requerido. Para el urinario también se cumple con lo requerido ya que el que está instalado en la Universidad no utiliza agua. Por último, no se pudo comprobar el consumo del grifo del lavamanos ya que no se encontró alguna ficha técnia o información relacionada a él.

E. Crédito EQ: Encuesta de confort de los ocupantes

Se requiere evaluar el confort de los ocupantes del edificio, para lo cual es necesario realizar una encuesta que evalúe el grado de conformidad de los ocupantes habituales del edificio en los siguientes aspectos:

- Acústica
- Limpieza del edificio
- Calidad del aire interior
- Iluminación
- Confort térmico

Para realizar la encuesta se utilizó la herramienta Google Forms y se le fue enviada a los estudiantes de ingeniería civil de primer a quinto año. En la encuesta se le solicitó a los estudiantes calificar cada uno de los aspectos mencionados anteriormente dentro de la siguiente escala: Muy satisfecho, Satisfecho, Poco Satisfecho e Instasisfecho y al final se les solicitó describir la razón por la que están insatisfechos, en caso de que lo estuvieran, con alguno de los aspectos.

Los resultados de la encuesta se demuestran a continuación:



Figura 43. Pregunta No.1

¿Cómo calificarías tu nivel de confort acústico al estar en las aulas del edificio J? (Nivel de ruido)

49 respuestas

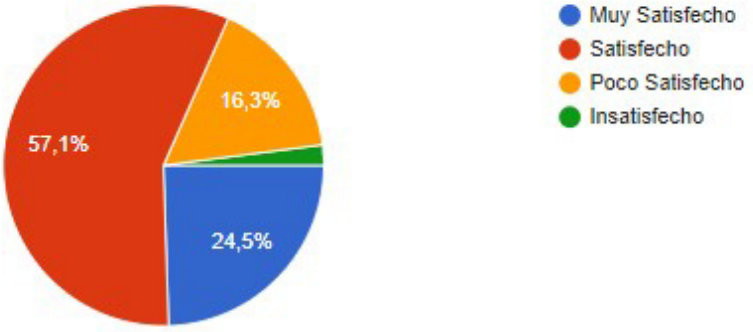


Figura 44. Pregunta No.2

¿Qué tan satisfecho estás con la limpieza/mantenimiento del edificio J?

49 respuestas

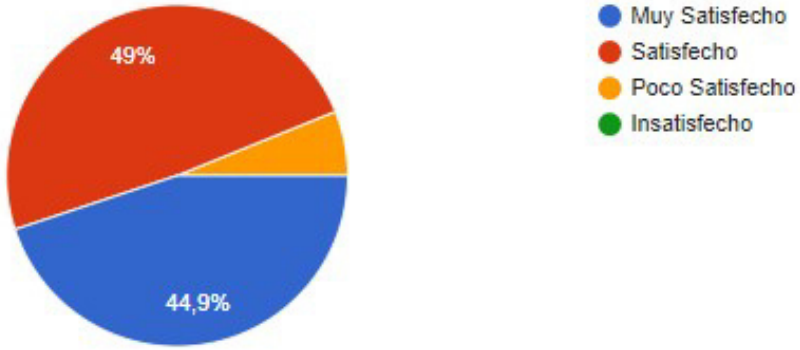


Figura 45. Pregunta No.3

¿Qué tan satisfecho estás con la calidad del aire en el interior de las aulas del edificio J?

49 respuestas

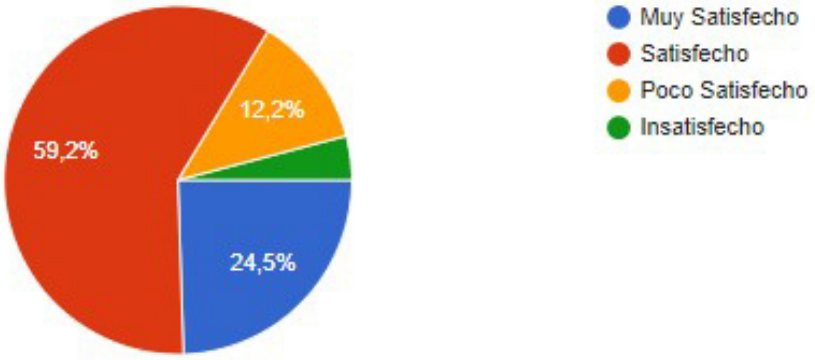


Figura 46. Pregunta No.4

¿Qué tan satisfecho estás con la calidad de la iluminación natural en el interior de las aulas del edificio J? (Luz Solar)

49 respuestas

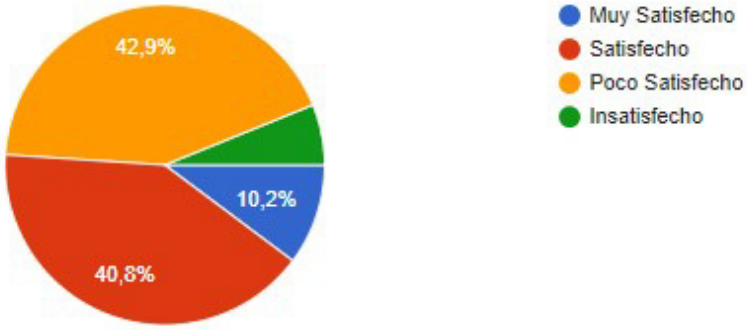


Figura 47. Pregunta No.5



Figura 48. Pregunta No.6

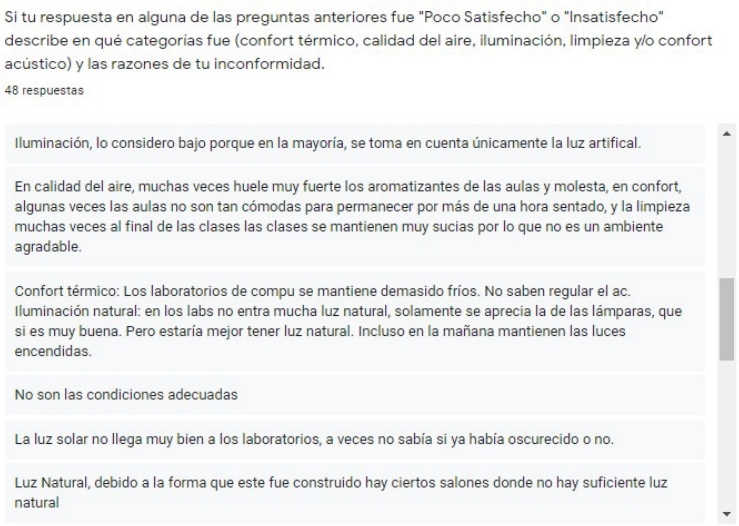


Figura 49. Pregunta No.7

El manual LEED exige que se desarrolle e implemente un plan de acciones correctivas para tratar los aspectos en los cuales los ocupantes tengan más del 20 % de inconformidad. Los aspectos en los cuales los estudiantes encuestados insatisfechos representan el 20 % o más son: confort térmico e iluminación natural con 24.5 % y 42.9 % respectivamente. A continuación se enlistan las respuestas abiertas de los encuestados con respecto al motivo por el cual están inconformes:

- Iluminación natural
  - "Ya que no se cuenta con ella o de forma escasa."
  - "Luz solar - aulas donde no llega o llega muy poca luz solar"
  - "Lo considero bajo porque en la mayoría, se toma en cuenta únicamente la luz artifical."

- "Porque en los labs no entra mucha luz natural, solamente se aprecia la de las lámparas, que si es muy buena. Pero estaría mejor tener luz natural. Incluso en la mañana mantienen las luces encendidas."
- "La luz solar no llega muy bien a los laboratorios, a veces no sabía si ya había oscurecido o no."
- "Luz Natural, debido a la forma que este fue construido hay ciertos salones donde no hay suficiente luz natural"
- "La calidad de luz solar es poco satisfactoria, no porque no entre la luz, si no porque entra de una manera tan directa que llegan incluso a bloquear la pizzara por ejemplo del J105"
- "Porque en esa área del primer piso casi no pega luz del sol a los laboratorios o aulas, en el segundo piso tampoco pega mucha iluminación del sol."

- Confort térmico
  - "Ya que existen aulas con aire acondicionado muy alto y el cambio hacia otras aulas que no tiene mucha ventilación y se acumula el calor y humedad"
  - "Los laboratorios de compu se mantiene demasido fríos. No saben regular el ac."
  - "Mi confort térmico al estar en las aulas en el J especialmente en el lab, es poco satisfactorio porque se maneja un alto nivel de aire acondicionado en donde deja de ser cómodo para los que estamos adentro"
  - "Térmico: Hace mucho calor en las clases a medio día"
  - "Porque el aire de las Aulas es muy frío"
  - "Porque en ocasiones hace calor y la humedad en el laboratorio es incómodo"
  - "Térmico porque es un ambiente muy cerrado, con espacios reducidos, y a la hora del medio día pega el sol, y un ventilador no ayuda a cubrirlo"
  - "J105, debido a la cantidad que hay normalmente en al aula en u espacio reduciado, no tiende a ser un lugar muy satisfactorio debido al calor que se puede generar."

De la lista de respuestas anterior se puede extraer información muy útil sobre los motivos de la inconformidad de los estudiantes. Respecto a la iluminación natural, la mayoría de estudiantes expresan que la luz solar no es suficiente, específicamente en los laboratorios de ingeniería civil. En el caso del confor térmico, la gran mayoría de respuestas tratan del frío causado por el aire acondicionado del aula J-110 y por otro lado también describen el calor que se genera en el salón J-105.

XIV. Discución de resultados

Las áreas totales de la Universidad medidas con ortofotos y con levantamiento topográfico son muy similares, con una diferencia de 0.05 % o de 13.99 metros cuadrados, sin embargo, las áreas verdes y de edificios tienen diferencias de 1,646.12 y 1,534.85 metros cuadrados respectivamente. Dicha variación se debe dos razones, primero al poco nivel de detalle que ofrecen las ortofotos del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación en cuanto a la diferenciación de los límites entre edificios y jardinización. Es decir, es difícil poder delimitar las áreas verdes con exactitud debido a la presencia de árboles cuyas copas tapan lo que hay por debajo de ellos. Además, algunos pasillos que tienen anchos de dimensión corta son dificiles de visualizar y delimitar con exactitud. Otro factor que también influyó es la sombra que se proyectaba en algunos sectores ya que la ortofoto fue tomada a determinada hora que causaba que las sombras de algunos edificios y/o estructuras dificultaran la visualización de otras áreas como pasillos y áreas verdes. En cuanto a la medición por levantamiento topográfico, la principal fuente de error razón son los posibles errores de medición en algunos puntos del levantamiento topográfico, ya sean lecturas erróneas del teodolito y de la estadia o por errores de práctica al realizar los cambios de estación.

Debido a que los porcentajes de áreas por superficie son consistentes entre la medición por levantamiento topográfico y la medición por plano de ubicación, se recomienda utilizar uno de estos dos métodos para el análisis. Ya que aunque las áreas totales son distintas, los porcentajes de áreas verdes, edificios, pavimento y terracería no varían más del 1 % entre sí, en cambio, para el caso de la medición basada en la ortofoto los porcentajes llegan a variar hasta un 6 %.

En la encuesta de confort de los ocupantes se evaluló la conformidad de los estudiantes de ingeniería civil con la limpieza del edificio, calidad de iluminación natural y artificial, confort térmico, confort acústico y calidad del aire interior. Los encuestados expresaron inconformidad con el confort térmico y con la calidad de iluminación natural. La inconformidad con el confort térmico se concentra en dos puntos principales, la temperatura dentro del laboratorio de computación es muy baja debido al aire acondicionado y en los salones J-105 y el laboratorio de ingeniería civil la temperatura es muy alta cuando hay mucha concentración de gente a medio día. La inconformidad con la calidad de iluminación natural se debe principalmente a la falta de luz en el laboratorio de ingeniería civil y el aula J-105 ya que aunque sean las primeras horas del día, es necesaria la luz artificial para poder tener una visión cómoda.

Cuadro 8
"Resumen de créditos LEED"

Crédito	Requerimiento LEED	Dato real	Cumple
Protección o restauración del hábitat	20 %	28.06 %	Sí
Plan de mejora del sitio	5 %	28.06 %	Sí
Reducción del efecto isla de calor	50 %	0 %	No
Uso eficiente del agua	Varios	Varios	Sí
Encuesta de confort de los ocupantes	Varios	Varios	No

Fuente: elaboración propia

XV. CONCLUSIONES

1) Se determinó que en la Universidad del Valle de Guatemala no se cumple en su totalidad con los materiales de construcción para cubiertas que establece LEED ya que no se tienen cubiertas de alta reflectancia solar ni cubiertas verdes. Sin embargo, independientemente del método de medición, sí se cumple con los requerimientos LEED de porcentaje de superficie con vegetación, teniendo un 28.06 por ciento de superficie comparado con el requerimiento del 20 por ciento.

2) Se plantearon recomendaciones factibles para reducir el impacto energético y aumentar el confort de las edificaciones de la Universidad del Valle de Guatemala tales como el recubrimiento de las cubiertas, la incentivación del transporte alternativo, el cambio de la ventanería y/o la aplicación de películas de protección solar.

3) Debido a las restricciones establecidas a causa de la pandemia no se pudo analizar el uso de transporte alternativo en la universidad, sin embargo, se logró la delimitación de las rutas de transporte público en el software QGIS, cumpliendo así con el objetivo de elaborar las herramientas necesarias para medir la huella de carbono de la Universidad, entre otros análisis que se pueden realizar con esa información.

XVI. RECOMENDACIONES

A. Para la Universidad del Valle de Guatemala

1) Para poder cumplir con el requisito LEED y también reducir el impacto del efecto isla de calor, se recomienda emplear materiales de alta reflectancia en las cubiertas, por ejemplo, el producto de la marca Sika, Sarnafil S327, es una membrana de PVS termoplástico de fácil instalación que además de tener un alto valor de reflectancia solar, también cumple con la función de ser impermeabilizante.

2) Se recomienda incentivar el uso de transporte alternativo mediante estrategias de descuento o privilegios de parqueo. Es decir, incentivar a los estudiantes, maestros y personal de la universidad a emplear técnicas como el carpooling a cambio de un descuento o división en la cuota semestral de parqueo.

3) Se recomienda cambiar la ventanería actual por vidrio de control solar ya que este último aportaría a reducir la insatisfacción con el confort térmico de los ocupantes de los edificios. Este tipo de ventanería minimiza el paso de la radiación ultravioleta e infraroja mientras que permite el paso de la luz solar, lo que reduce la transmisión de calor del exterior al interior sin comprometer la iluminación natural.

4) Otra alternativa de menor costo para mejorar el confort térmico de las aulas sería el uso de películas de protección solar para ventanas. Dichas películas son una especie de tratamiento que se le aplica a las ventanas y/o superficies vidriadas ya existentes con el propósito de reducir la cantidad de calor solar que atraviesa el vidrio a tratar al disminuir el ingreso de luz ultravioleta.

5) Se recomienda hacer de forma periódica, una encuesta de confort interior a los ocupantes del CIT ya que de esta práctica se puede obtener información útil sobre las áreas de mejora que se tienen en el edificio. Atendiendo dichas áreas de mejora se mejora la experiencia de los ocupantes del edificio mientras se aporta a la eficiencia energética del mismo.

B. Para los certificadores LEED

1) Para la medición de áreas por el método de ortofotos, se recomienda usar ortofotos más recientes y con mayor resolución ya que las utilizadas para este análisis son del 2006 y el nivel de detalle no fue ideal para identificar los límites de jardinización y edificaciones. Esto permitirá poder analizar los materiales de construcción con más exactitud.

2) Para el cálculo del caudal pluvial a tratar y recolectar, se recomienda profundizar más en el cálculo del tiempo de concentración ya que se debe de calcular la distancia máxima entre el punto de captación y de recolección, de esa manera se realizará un análisis del manejo de agua más apegado a la realidad.

3) Se recomienda documentar la información técnica de todos los accesorios sanitarios instalados en la universidad ya que en éste análisis solamente fueron tomados en cuenta los baños típicos y no los baños con duchas o los baños más nuevos.

4) Para un futuro análisis se debe de añadir las mediciones de la áreas del CIT y de los edificios C, C-a, C-1, D e invernadero, los cuales no fueron incluidos en este análisis.

XVII. BIBLIOGRAFÍA

A rough guide to the components of Earth's Climate System [Accessed: 2020-03-01]. (s.f.).

Barros, V. (2005). *El Cambio Climático Global*, *0*(0), 165.

CARIBE, O. D. L. N. U. P. L. A. Y. L. A. O. R. D. L. F. P. A. L. Y. E. (s.f.). *CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA*.

Castro, M. O. C. (2008). *COMERCIALIZACIÓN Y REDUCCIÓN DE COSTOS CON EL USO DE POLÍMEROS EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS*, *0*(0), 206.

Council, U. G. B. (2013). *Guía de Conceptos Básicos de Edificios verdes y LEED*, *0*(0), 16.

da Coruña, U. (2018). *ESCORRENTÍA*, *0*(0), 115.

de Guatemala, M. (2008). *REGLAMENTO PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE DRENAJES*, *0*(0), 206.

de Oca Sagastume, H. M. M. (2004). *ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE AGUAS RESIDUALES Y EL CAUDAL REAL EXISTENTE PARA EL PROYECTO EL TABACAL*, *0*(0), 107.

El certificado energético no es una broma: puedes ahorrar más de 400 euros al año [Accessed: 2020-10-12]. (s.f.).

GeoServicios WMS - Fondos/Raster [Accessed: 2020-10-04]. (s.f.).

Green building leadership is LEED [Accessed: 2019-11-18]. (s.f.).

López, J. J. I. (2015). *Determinación de las concentraciones de Material Particulado con diámetro aerodinámico menor a 2.5 micrómetros (PM2.5) presentes en el aire de ocho cabeceras departamentales de la República de Guatemala*, *0*(0), 108.

Martínez, A. M. (2013). *DISEÑO SUSTENTABLE DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DE LOS EDIFICIOS E Y P DE LA UNIDAD AZCAPOTZALCO*, *0*(0), 106.

Miteco. (s.f.-a). *La Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)icono barra herramientas*, *0*(0).

Miteco. (s.f.-b). *Principales elementos del Acuerdo de París*, *0*(0).

Miteco. (s.f.-c). *Protocolo de Kioto*, *0*(0).

Monroy, J. P. P. (2012). *LOS REFRIGERANTES Y EL MEDIO AMBIENTE*, *0*(0), 139.

ONU. (2019). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019*, *0*(0), 215.

Onursal, B. & Gautaam, S. P. (1997). *Contaminación atmosférica por vehículos automotores*, *0*(0), 337.

Ramón San Martín Páramo, H. S. L. & Payás, P. F. (2012). *Contaminación lumínica. Una visión desde el foco contaminante: el alumbrado artificial.*, *0*(0), 147.

Salazar, A. (2010). *El Acuerdo de Copenhague COP-15*, *0*(0).

Santafé, J. E. G. (s.f.). *IMPACTO AMBIENTAL GENERADO POR LAS ACTIVIDADES QUÍMICAS DE PRODUCCIÓN Y USO DE CLOROFLUOROCARBONOS*, *0*(0), 10.

Tumini, I. (s.f.). *Estrategias para reducción del efecto isla de calor en los espacios urbanos. Estudio aplicado al caso de Madrid.*, *0*(0), 15.

USGBC. (2014). *LEED v4 para LA OPERACIÓN Y EL MANTENIMIENTO DE EDIFICIOS*, *0*(0), 115.

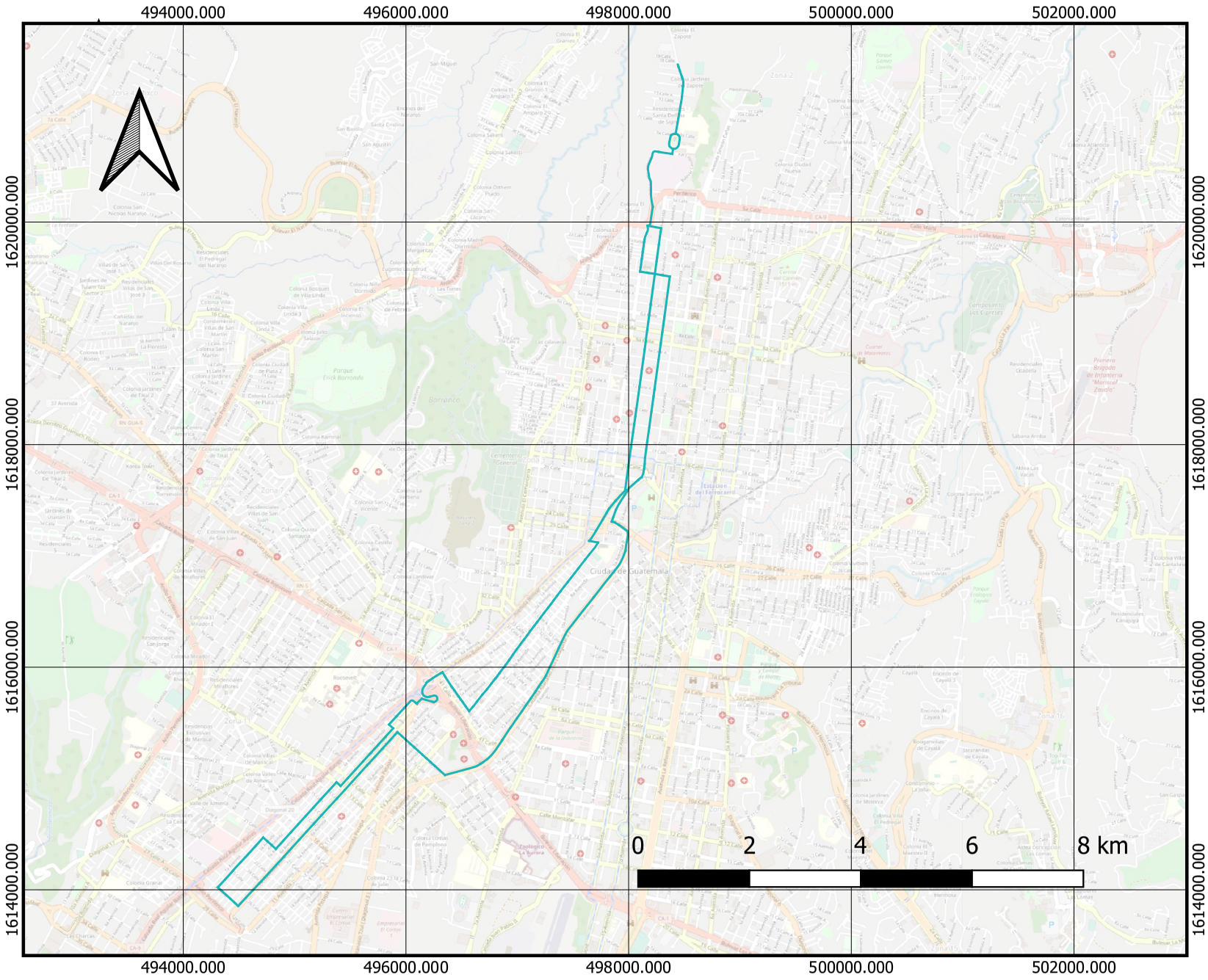
Villanueva-Solis, J., Ranfla, A. & Quintanilla-Montoya, A. (2013). *Isla de Calor Urbana: Modelación Dinámica y Evaluación de medidas de Mitigación en Ciudades de Clima árido Extremo*, *0*(0), 15.

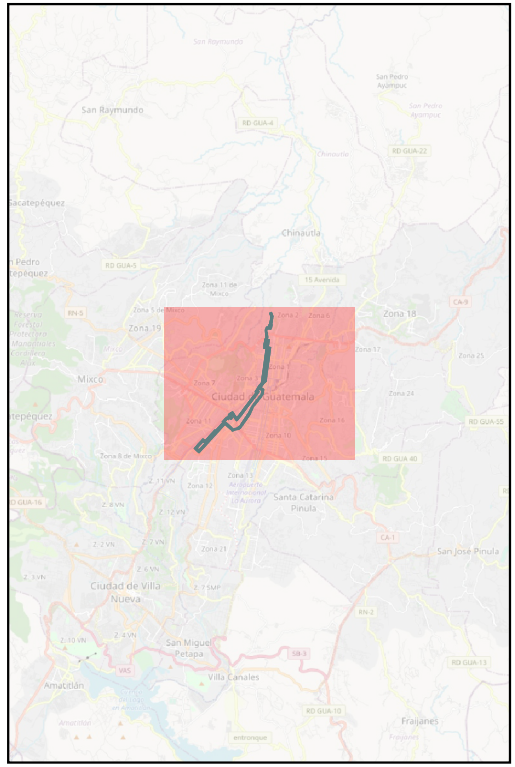
XVIII. APÉNDICES

A. Planos de rutas de transporte urbano

Plano de Ruta Urbana #1

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





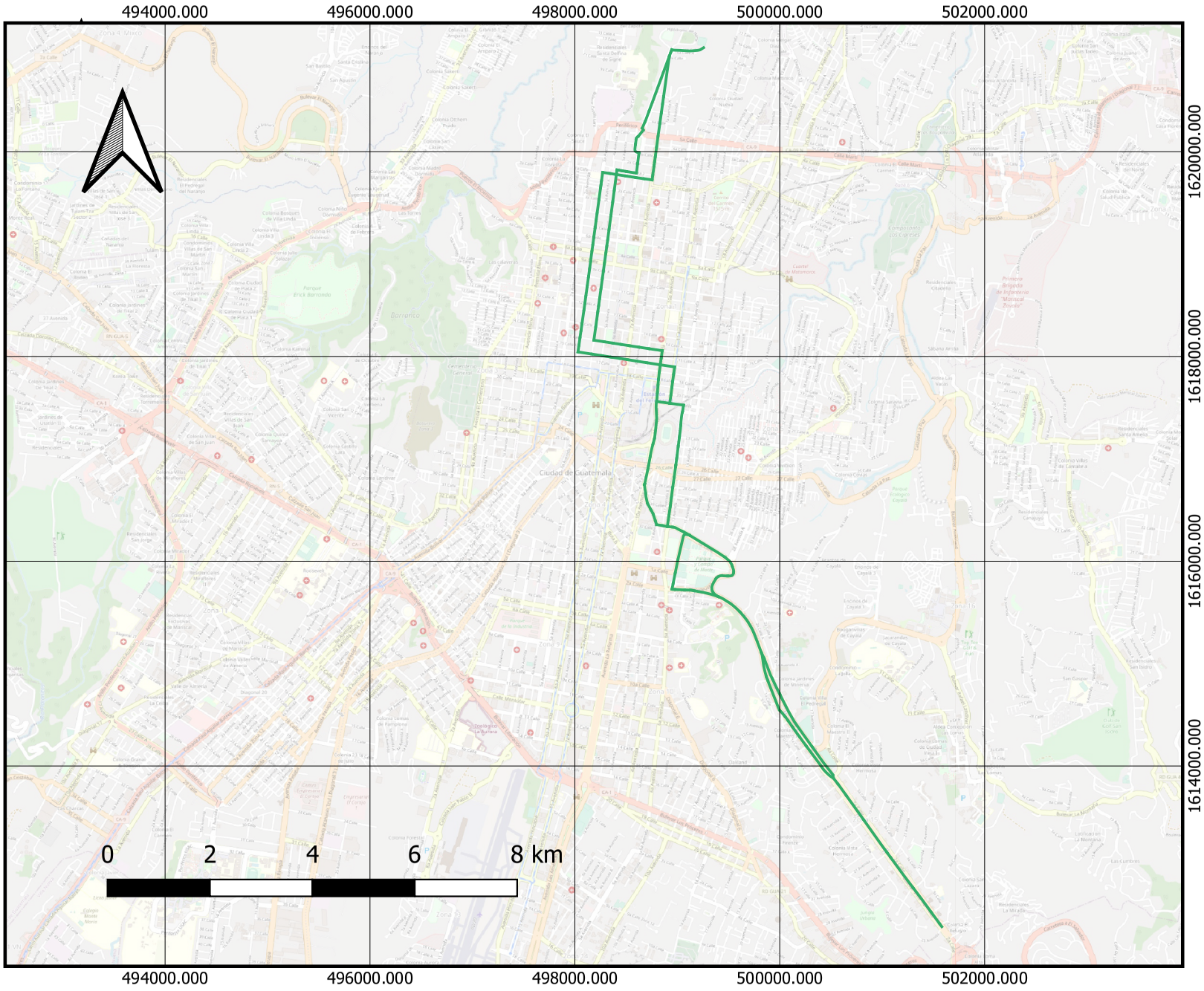
Rutas de Transporte Público

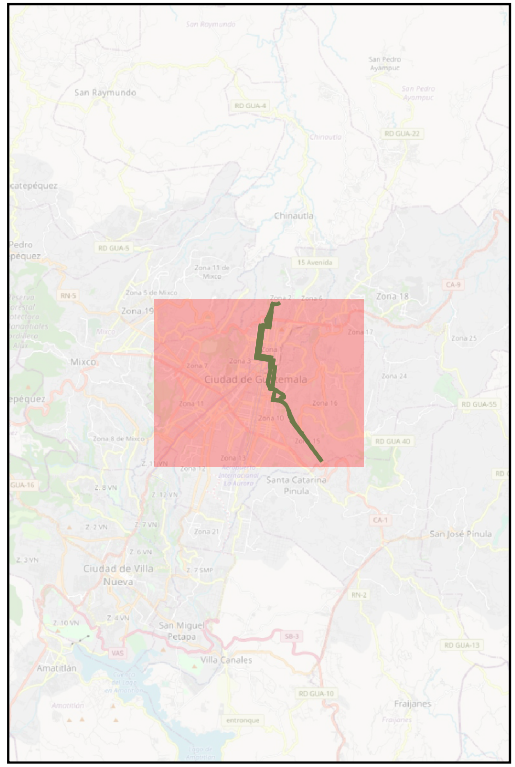
Ruta #1

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #3

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





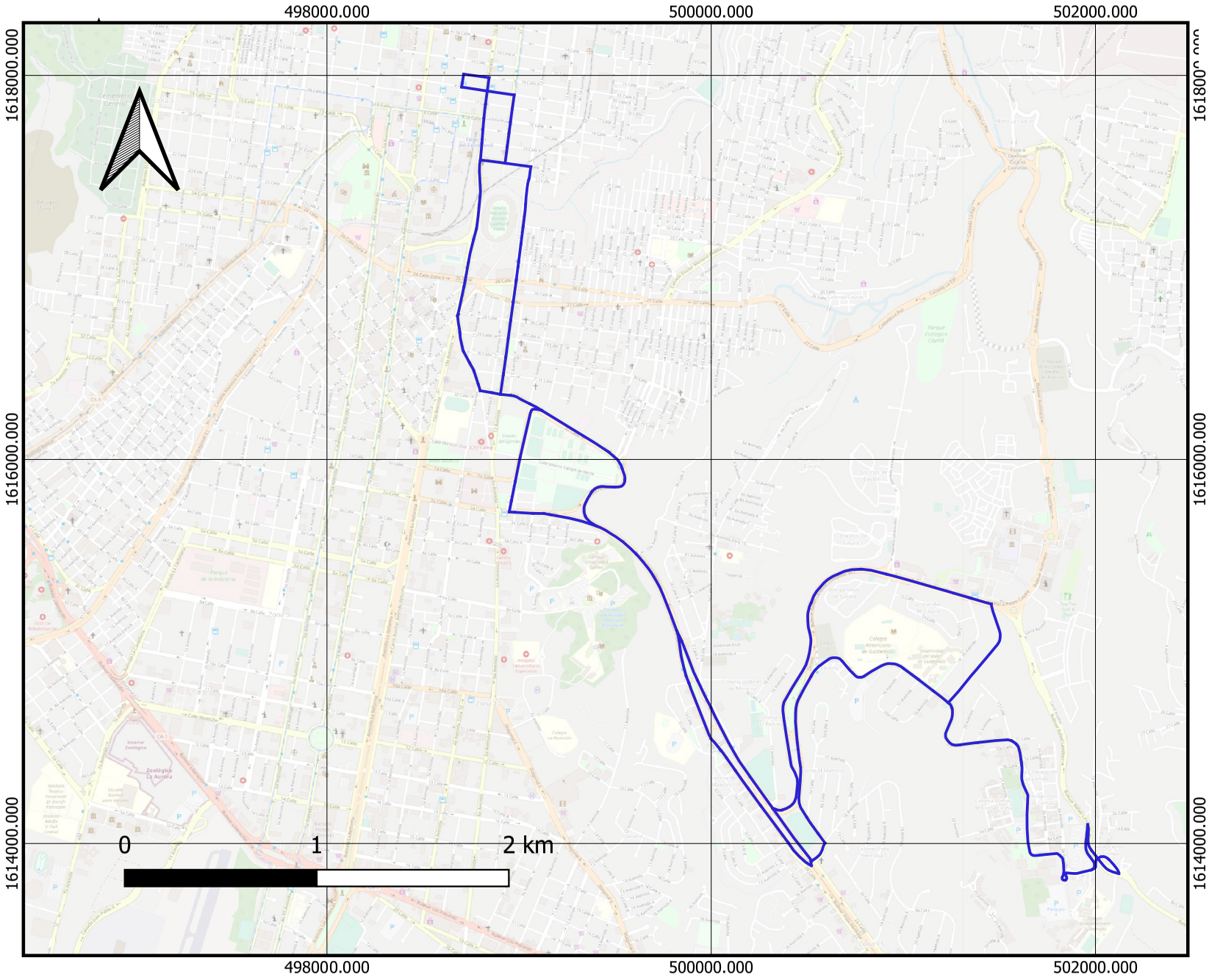
Rutas de Transporte Público

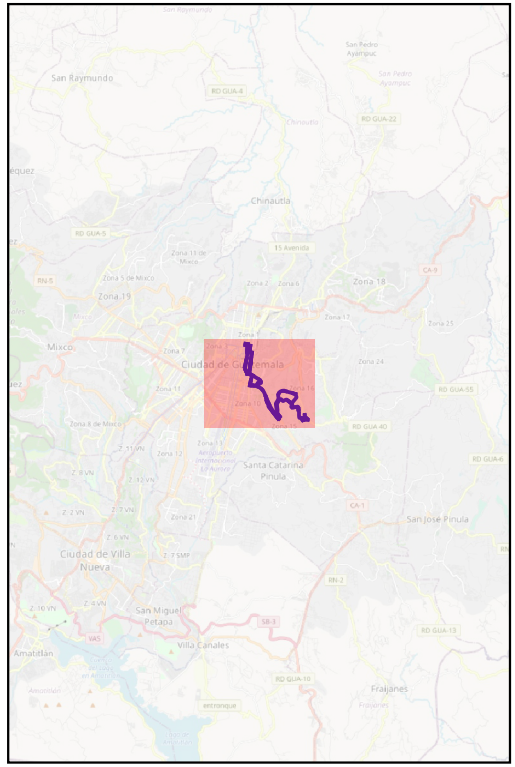
Ruta #3

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #4

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





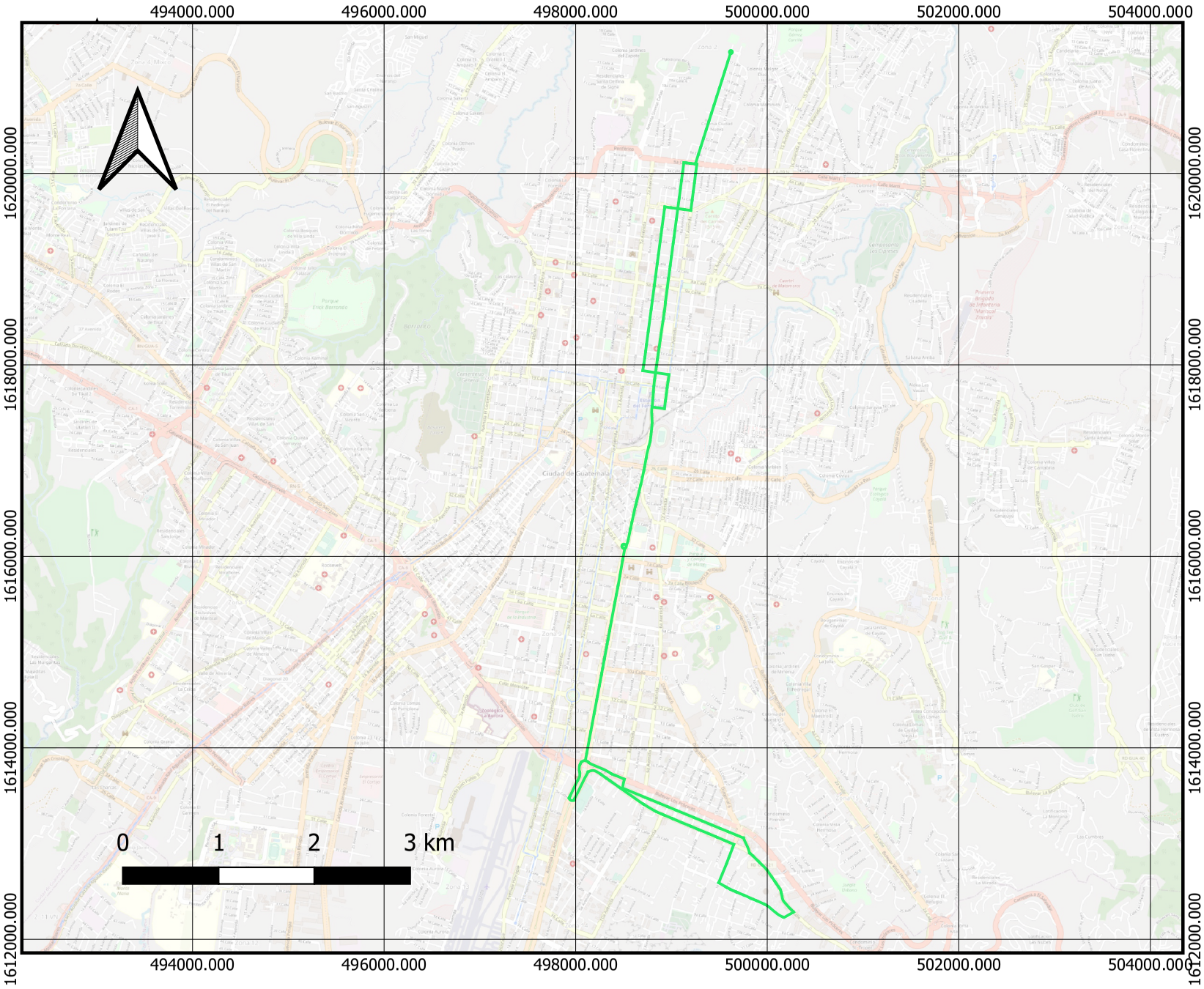
Rutas de Transporte Público

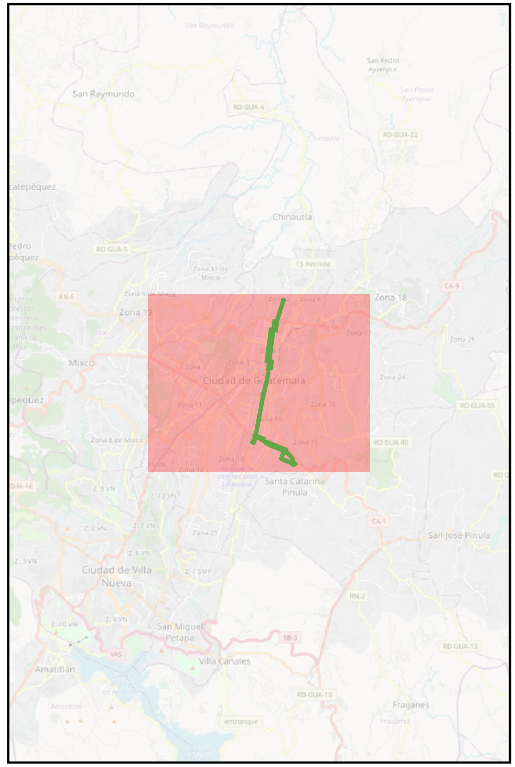
Ruta #4

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #7

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





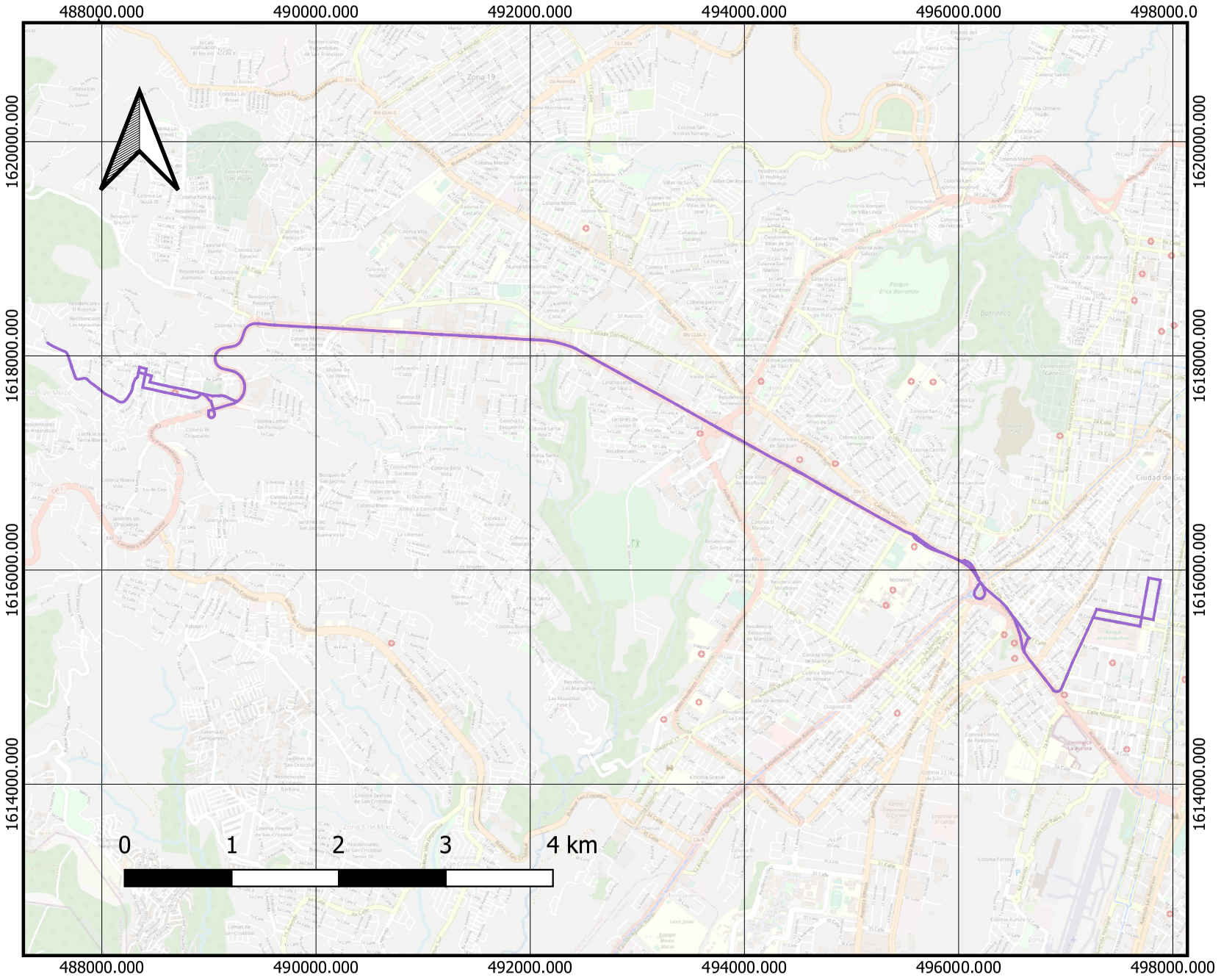
Rutas de Transporte Público

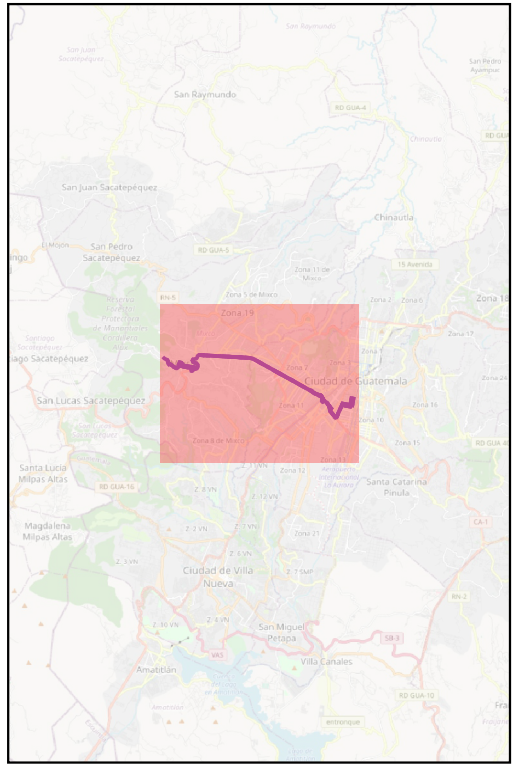
Ruta #7

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #10

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





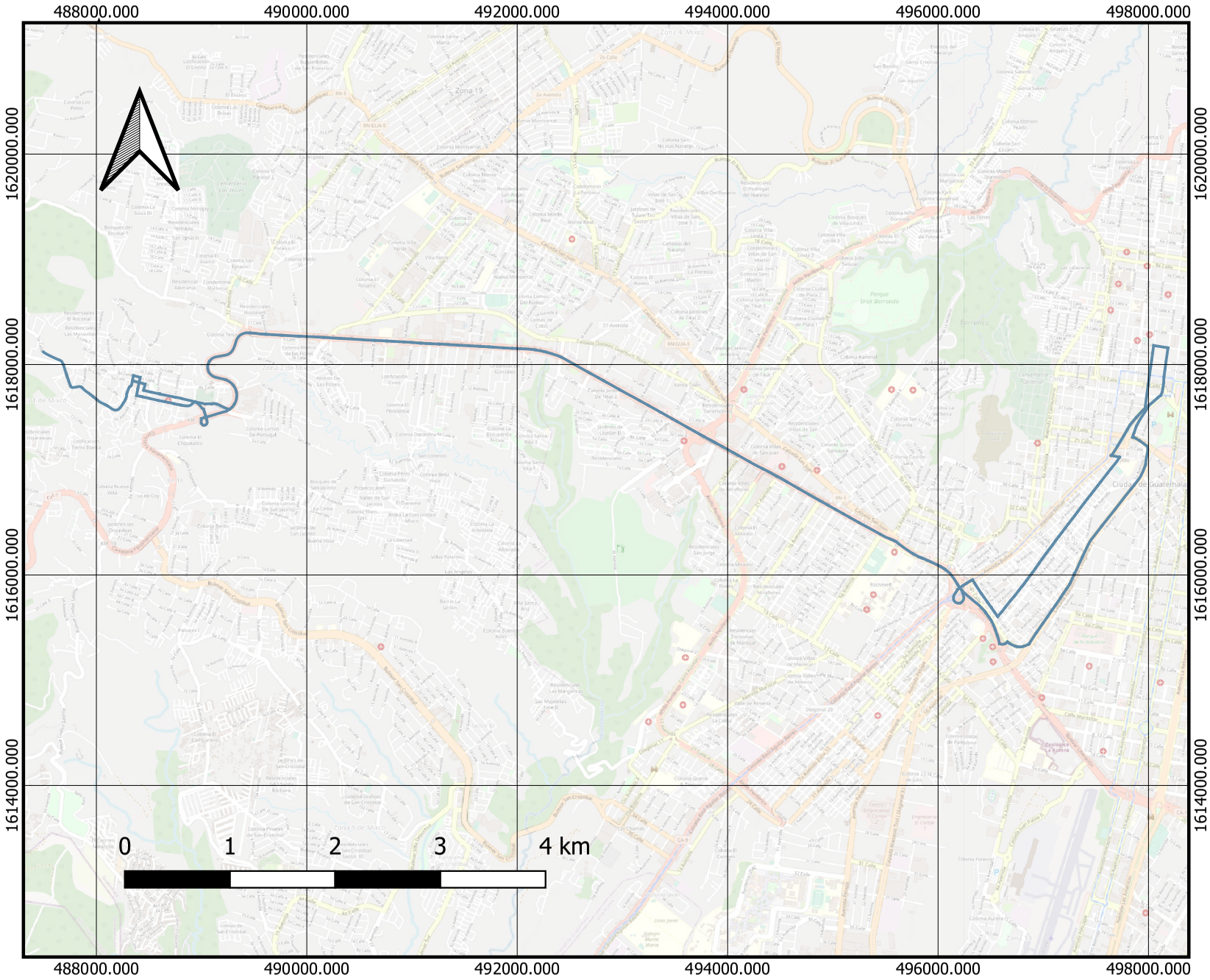
Rutas de Transporte Público

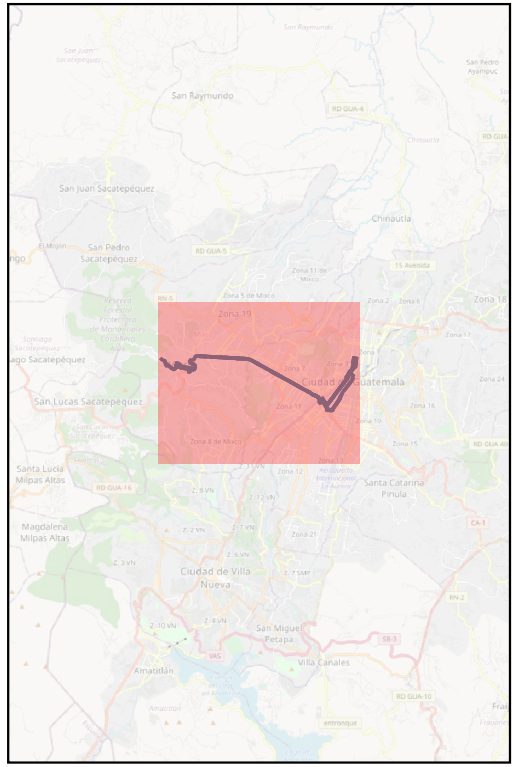
Ruta #10

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #11

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





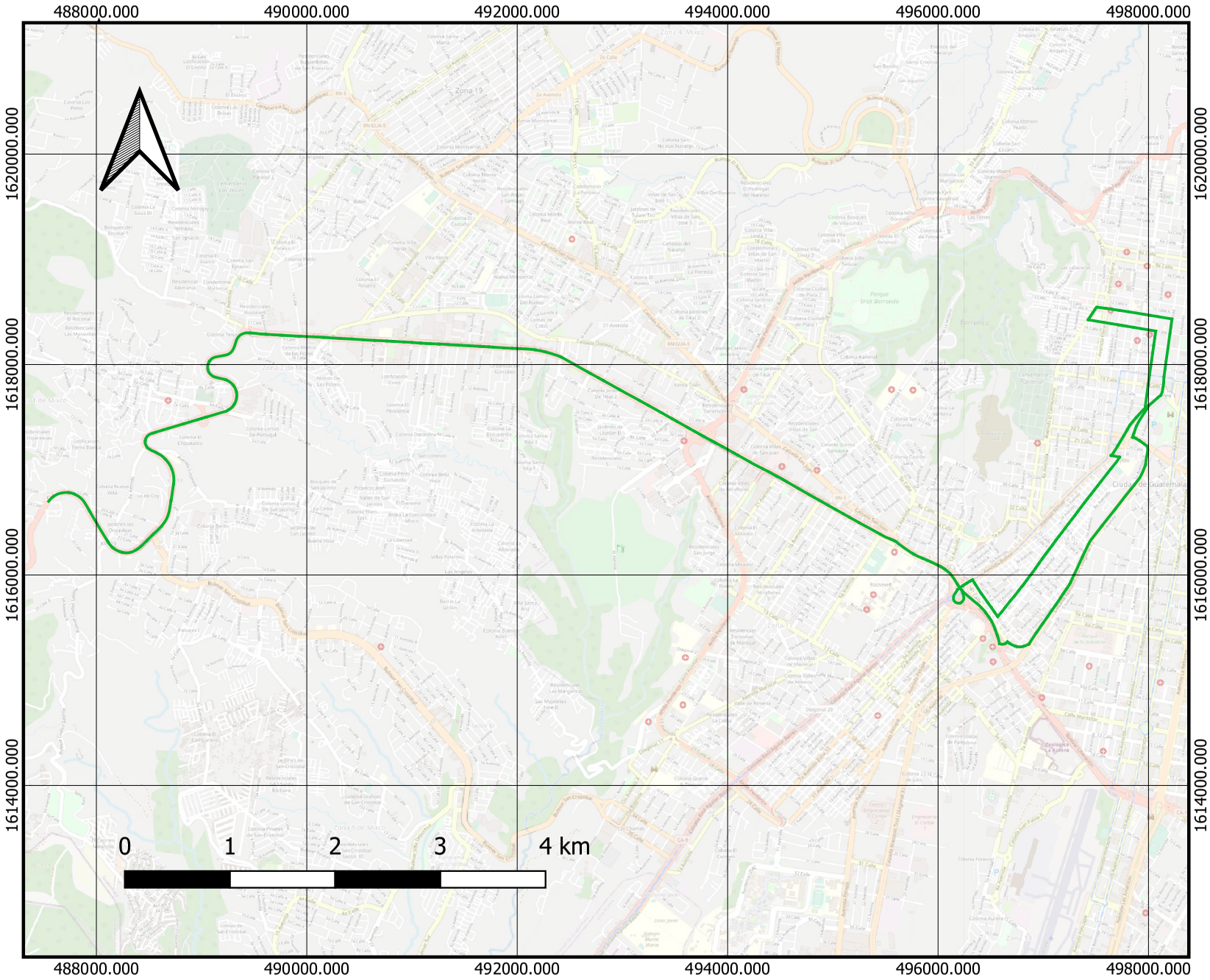
Rutas de Transporte Público

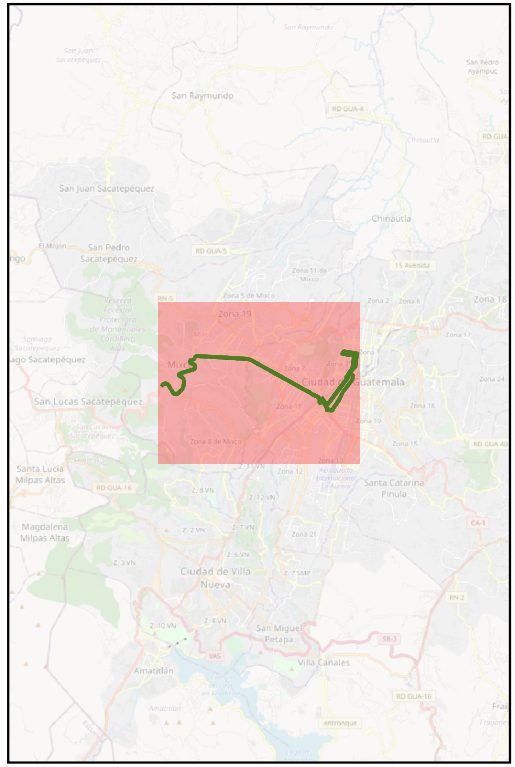
Ruta #11

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #13

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





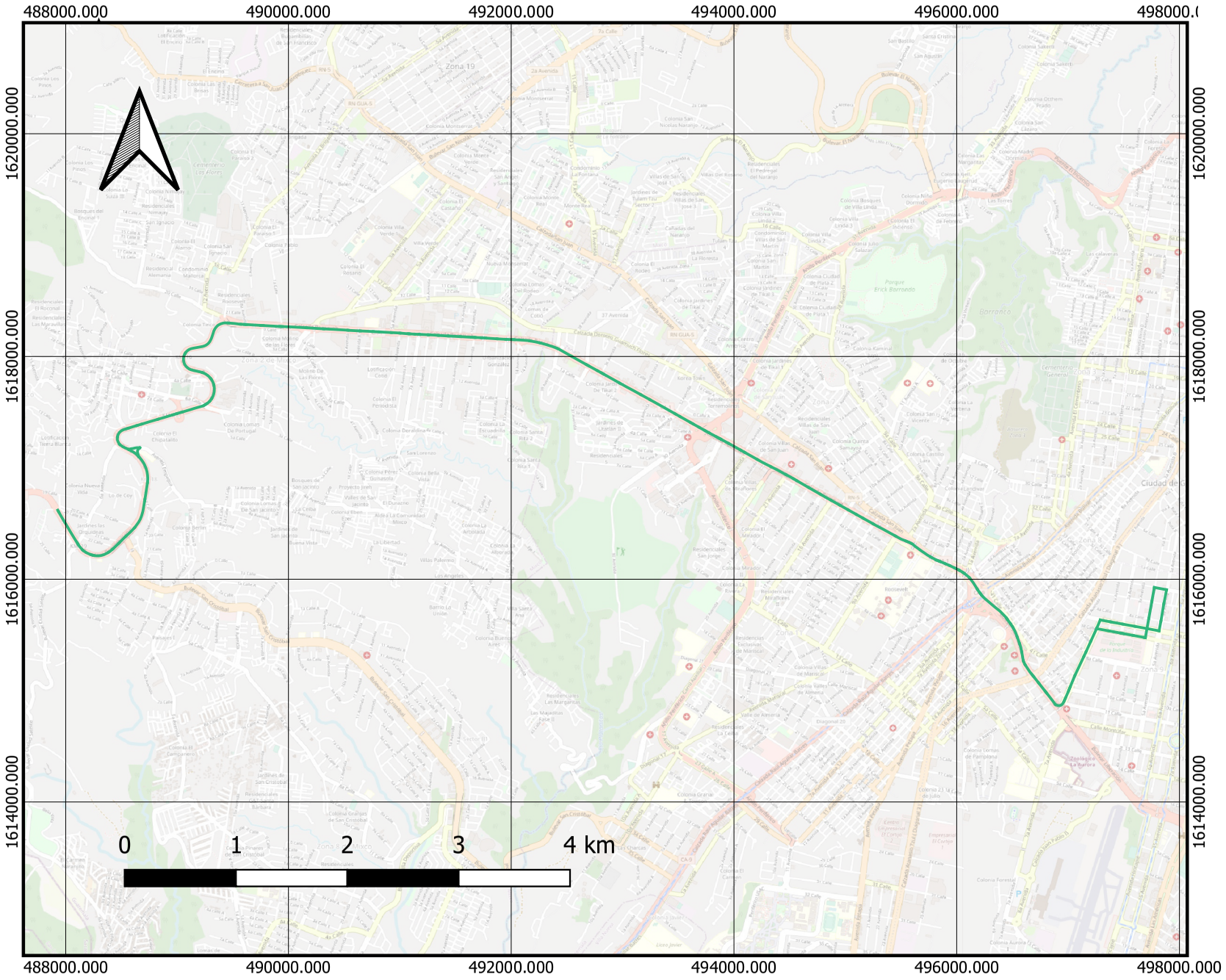
Rutas de Transporte Público

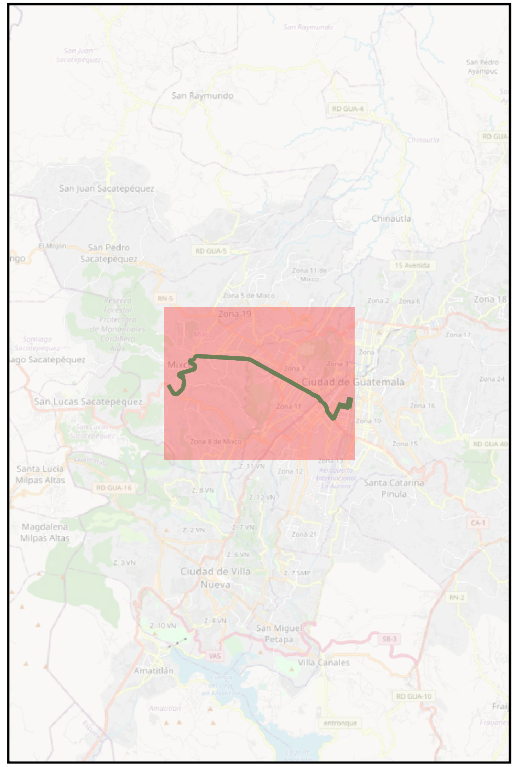
Ruta #13

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #14

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





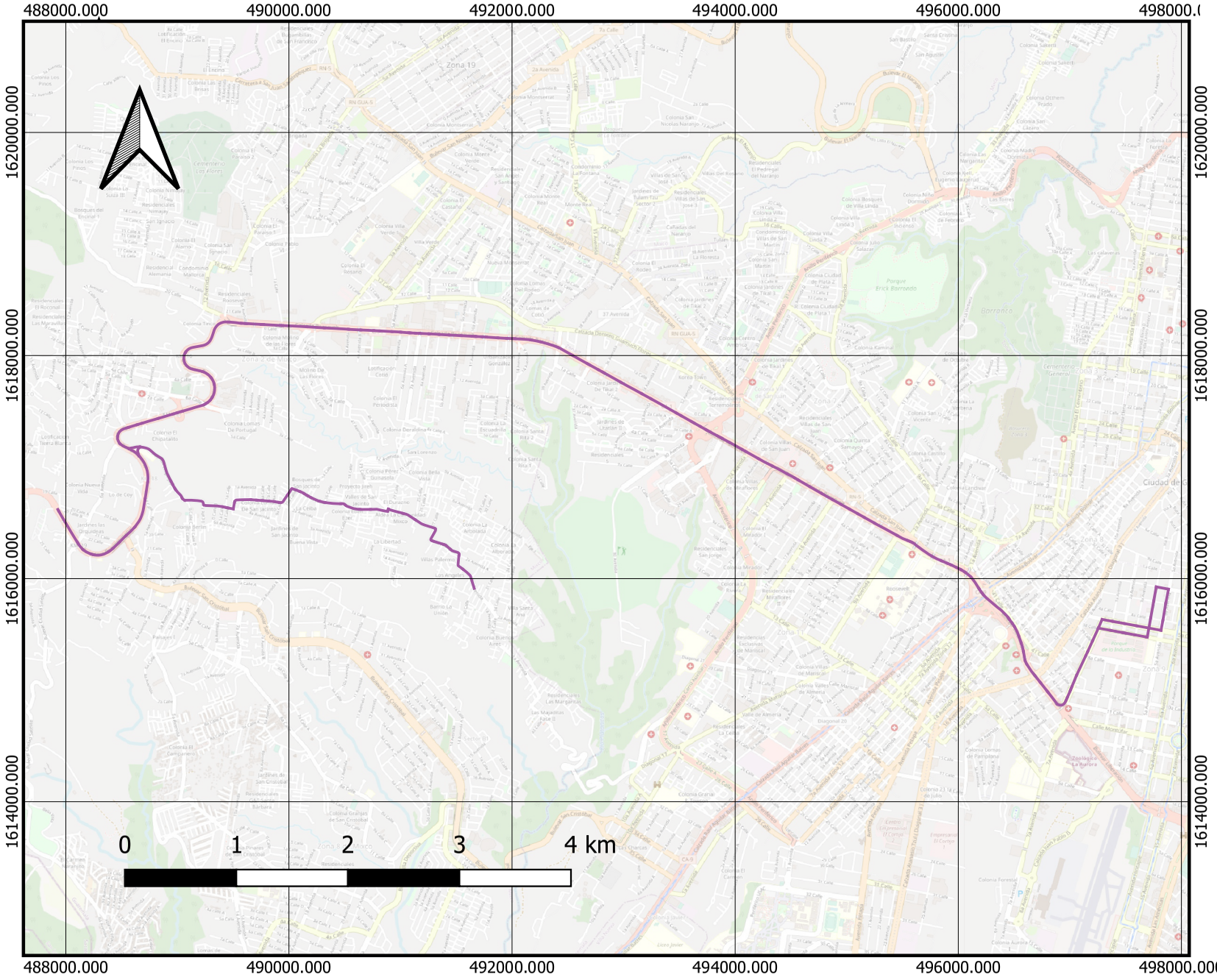
Rutas de Transporte Público

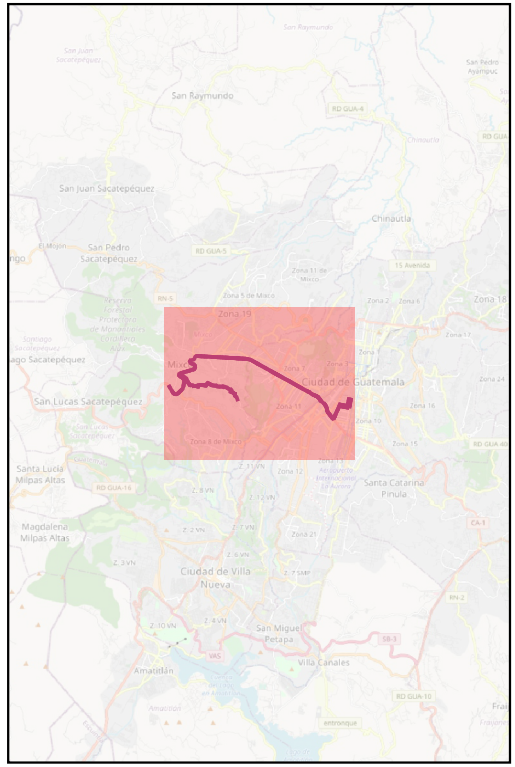
Ruta #14

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #14-1

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





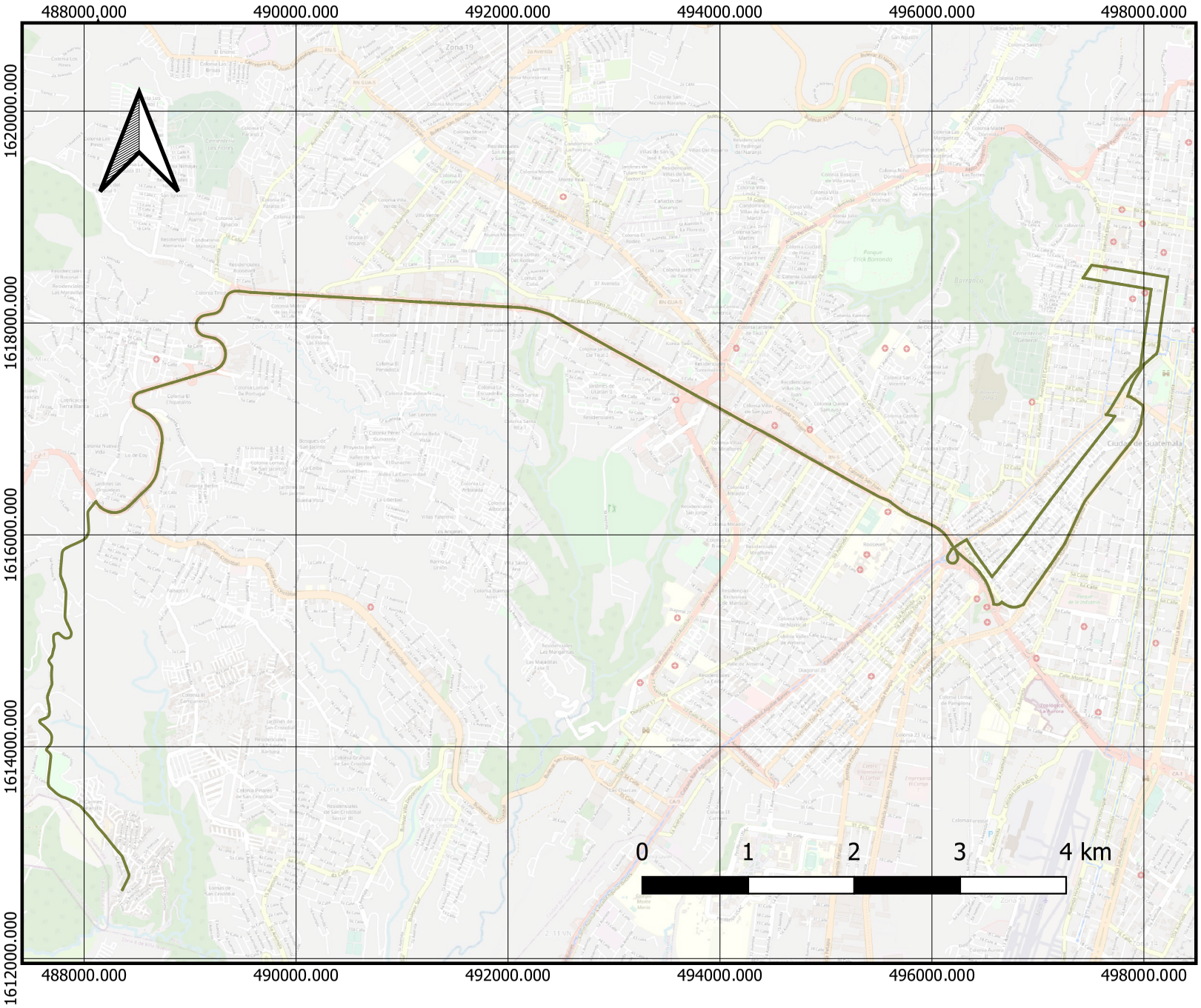
Rutas de Transporte Público

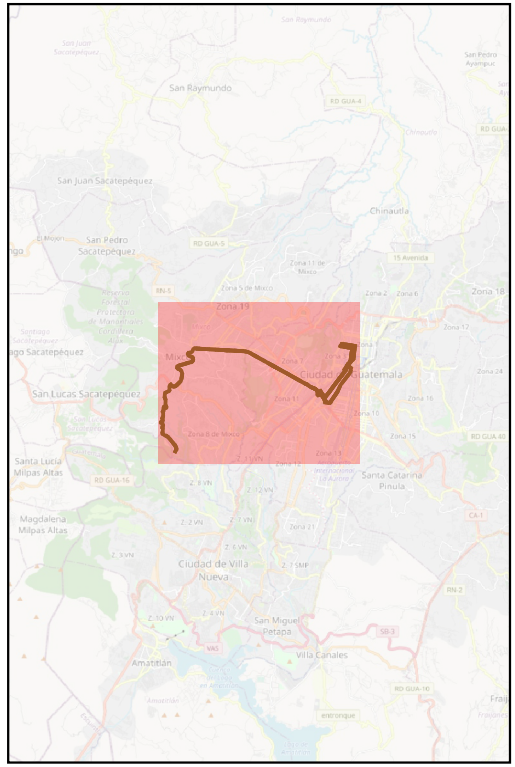
Ruta #14-1

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #17

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





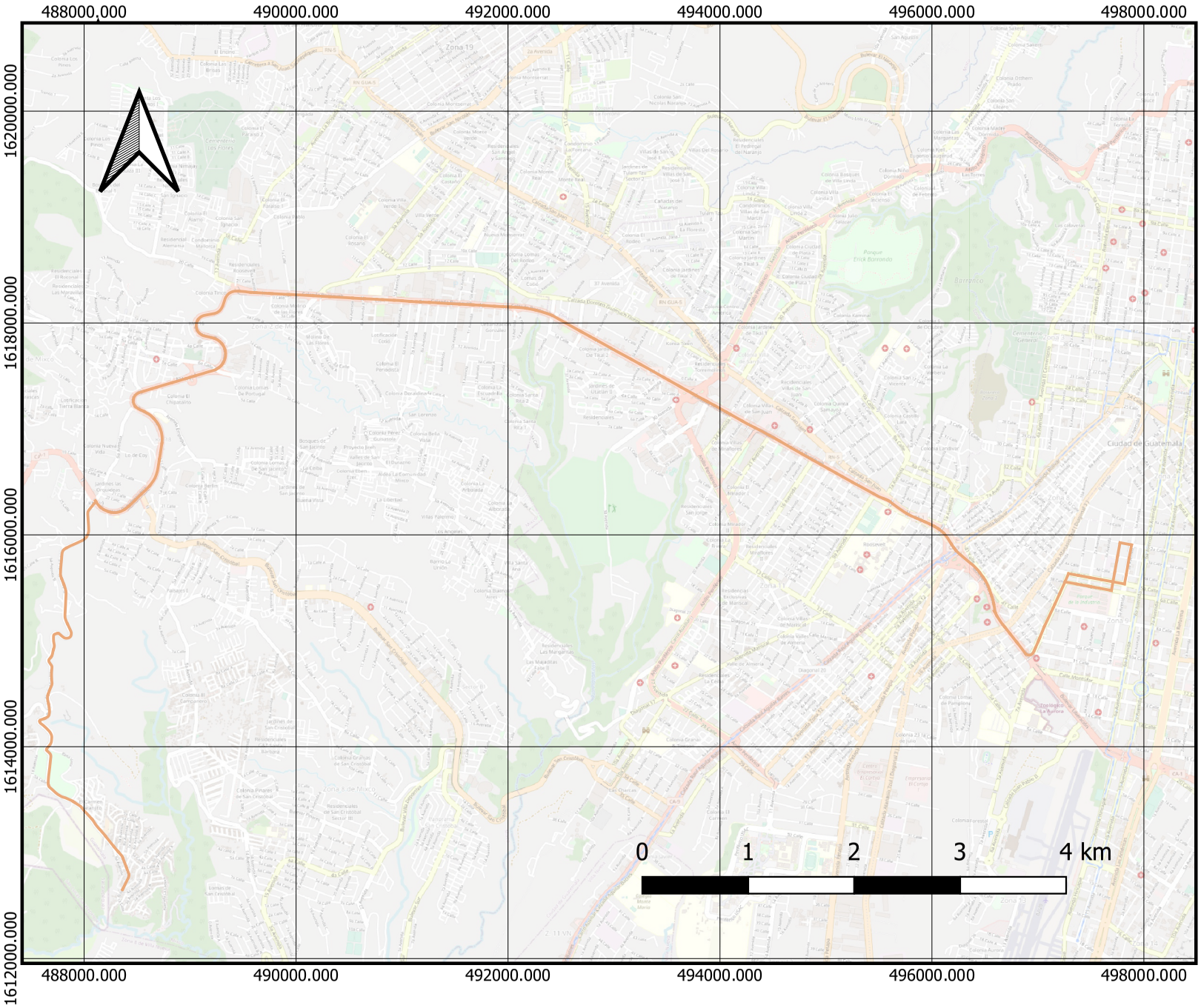
Rutas de Transporte Público

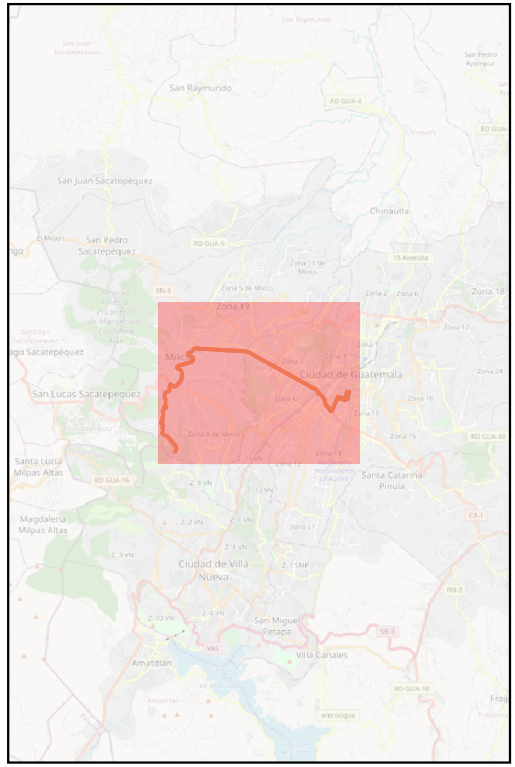
Ruta #17

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #17T

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





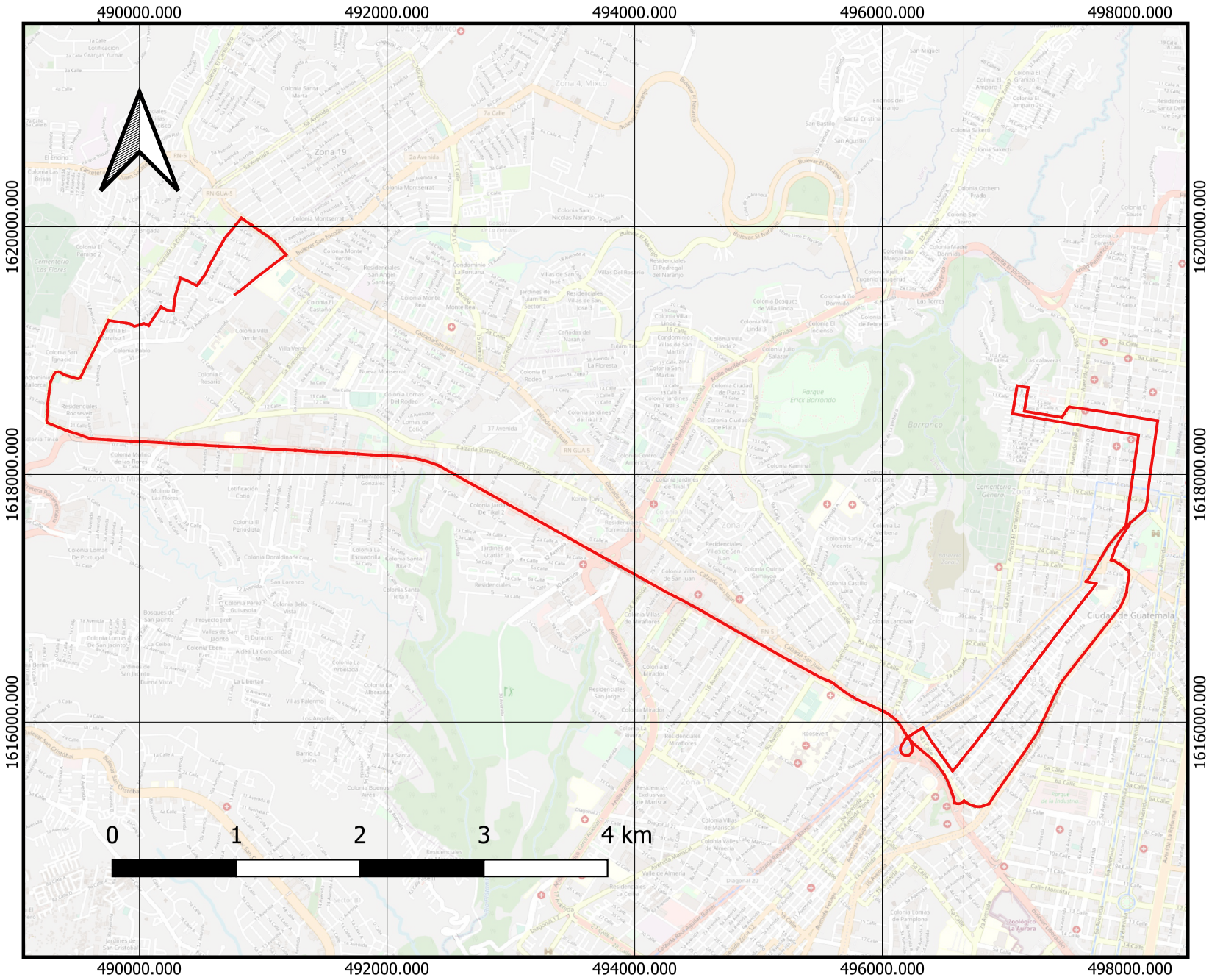
Rutas de Transporte Público

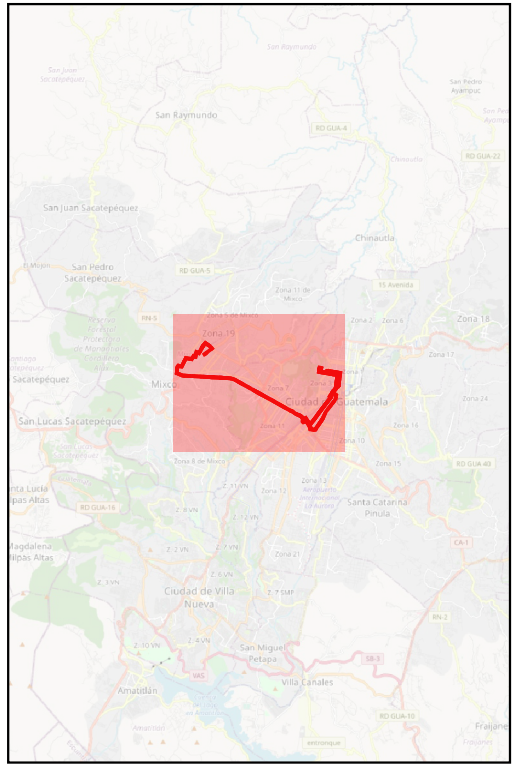
Ruta #17T

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #18

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





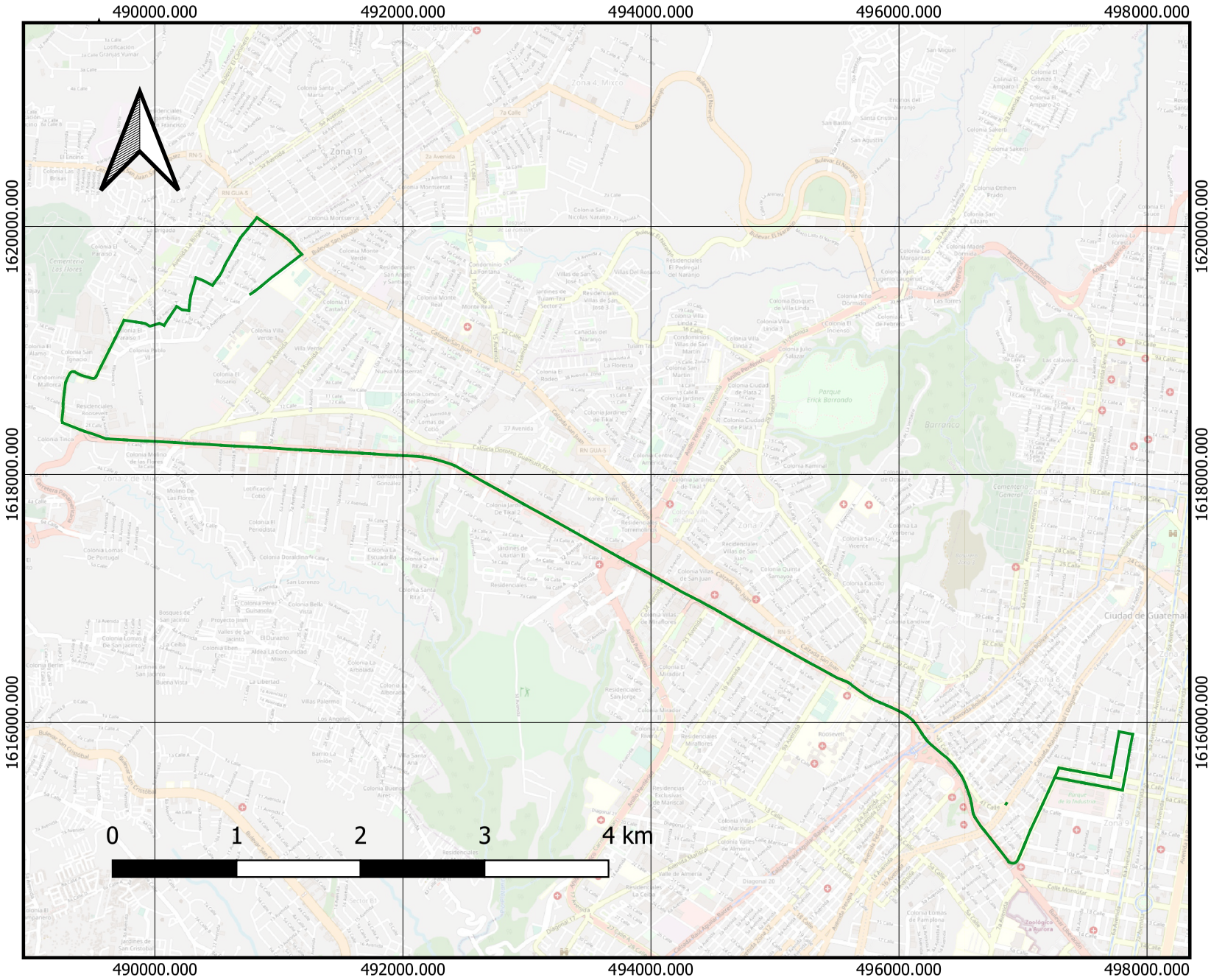
Rutas de Transporte Público

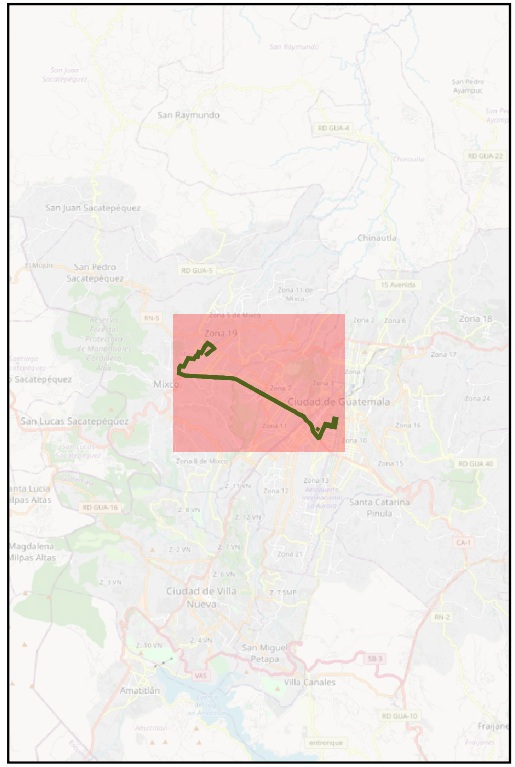
Ruta #18

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #19

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





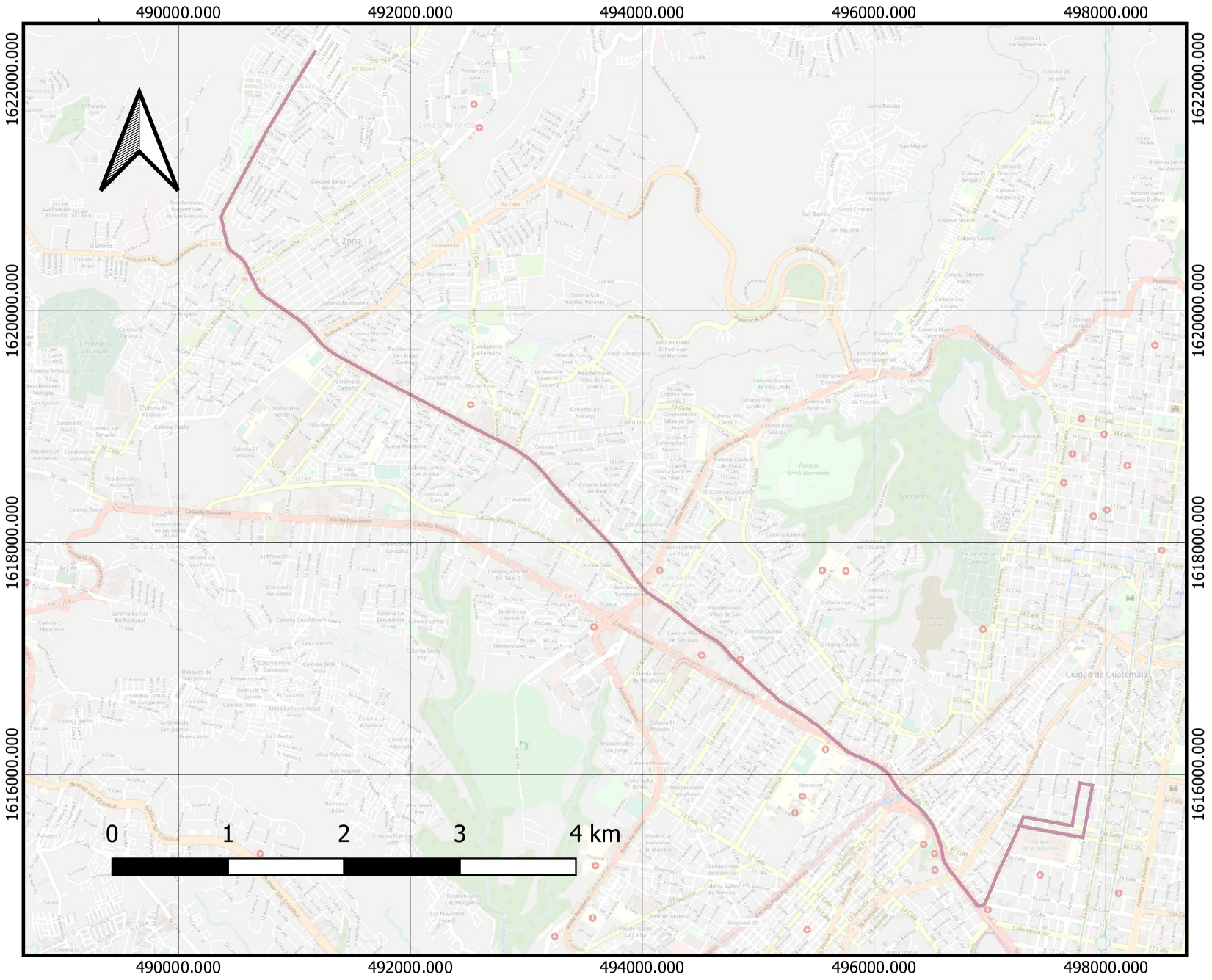
Rutas de Transporte Público

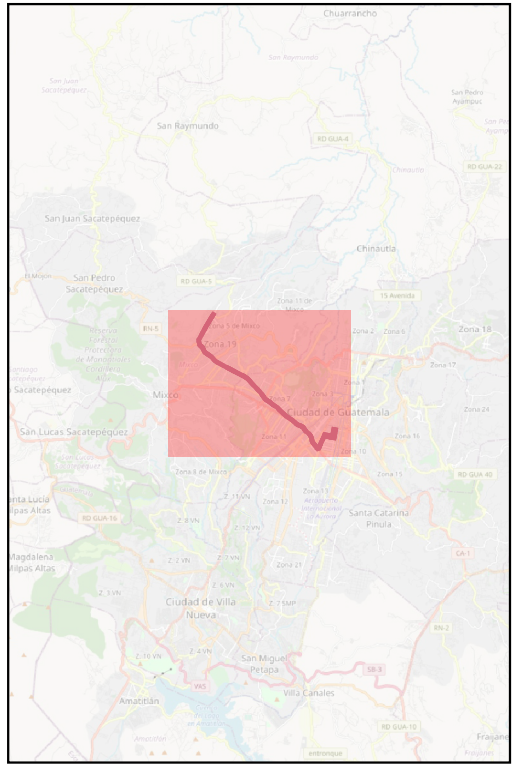
Ruta #19

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #22

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





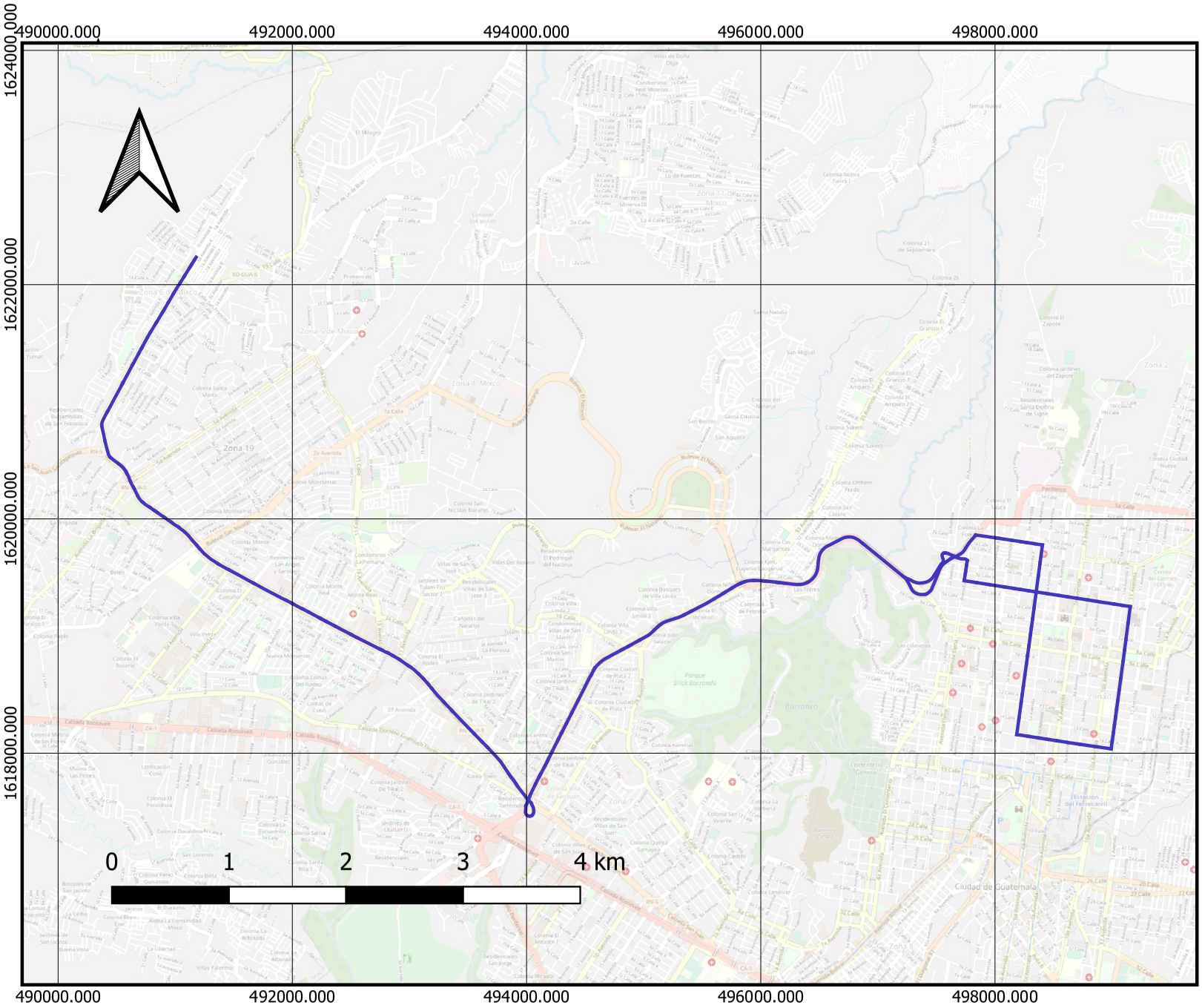
Rutas de Transporte Público

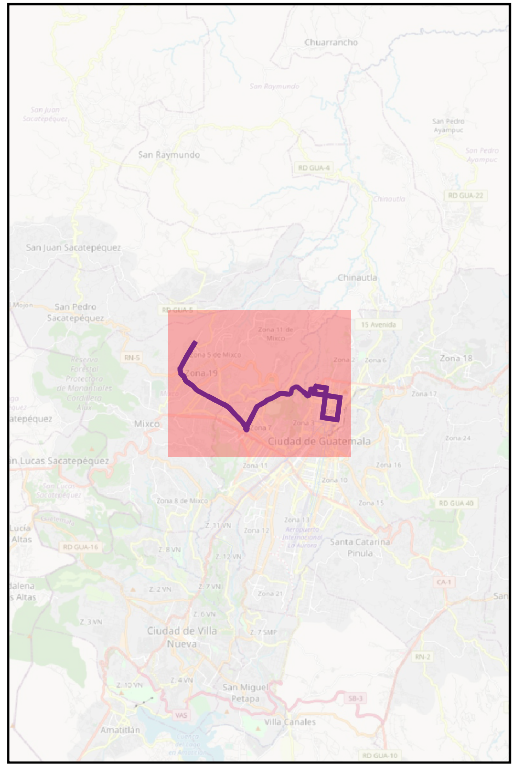
Ruta #22

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #23

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





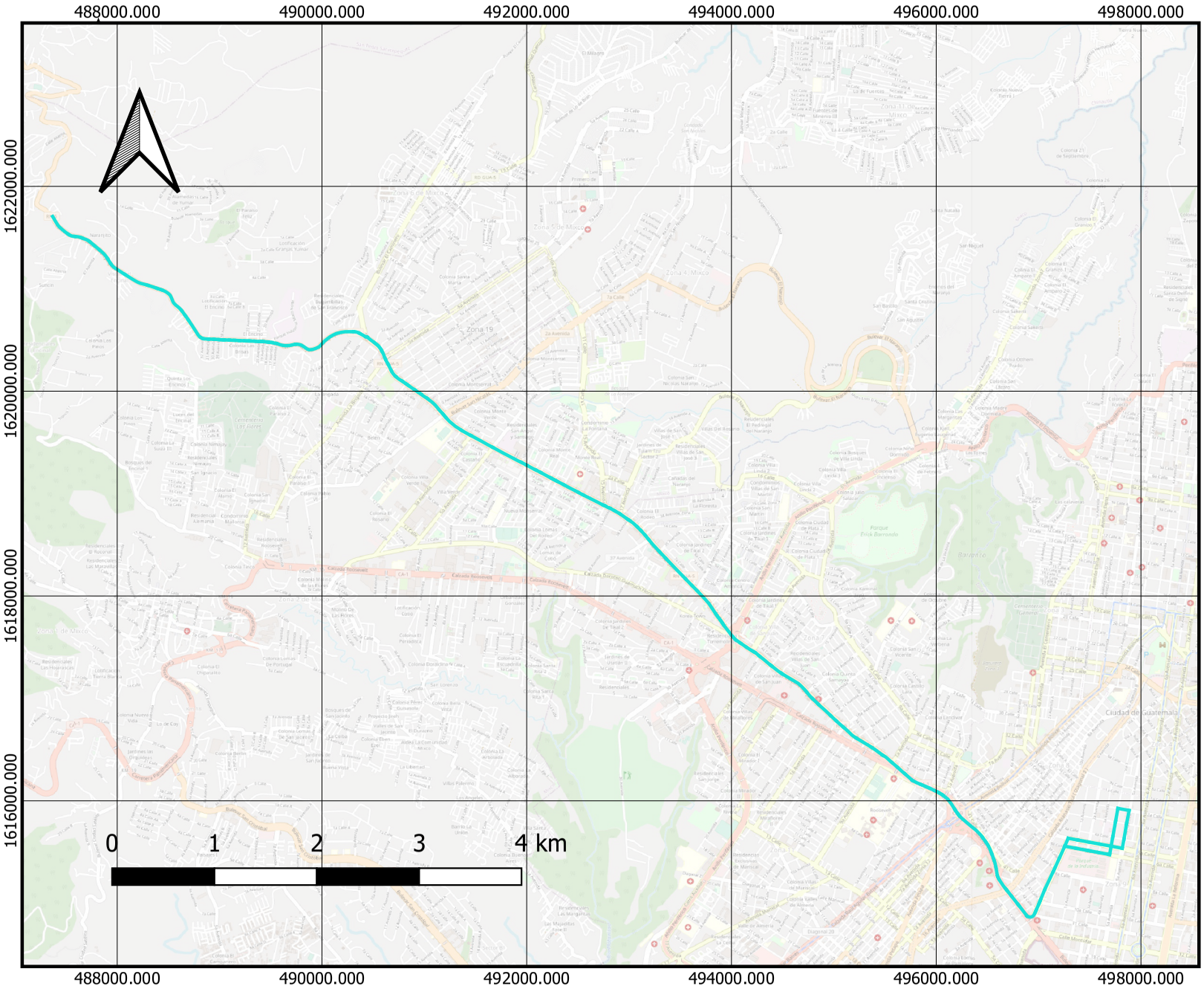
Rutas de Transporte Público

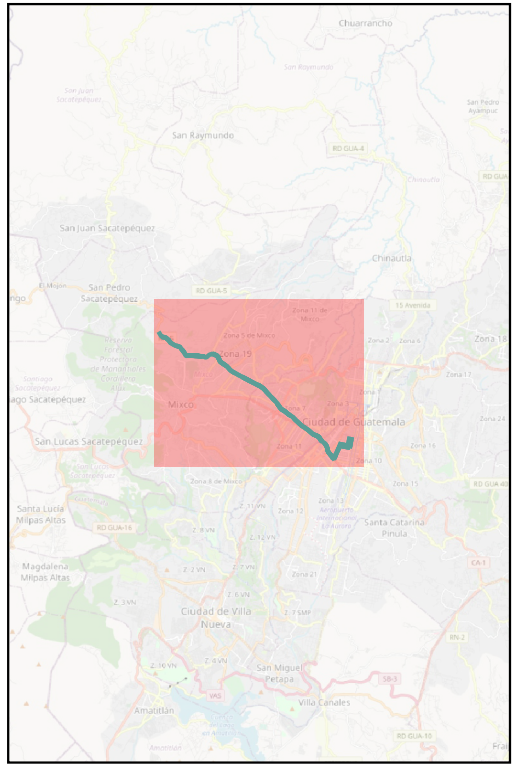
Ruta #23

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #28

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





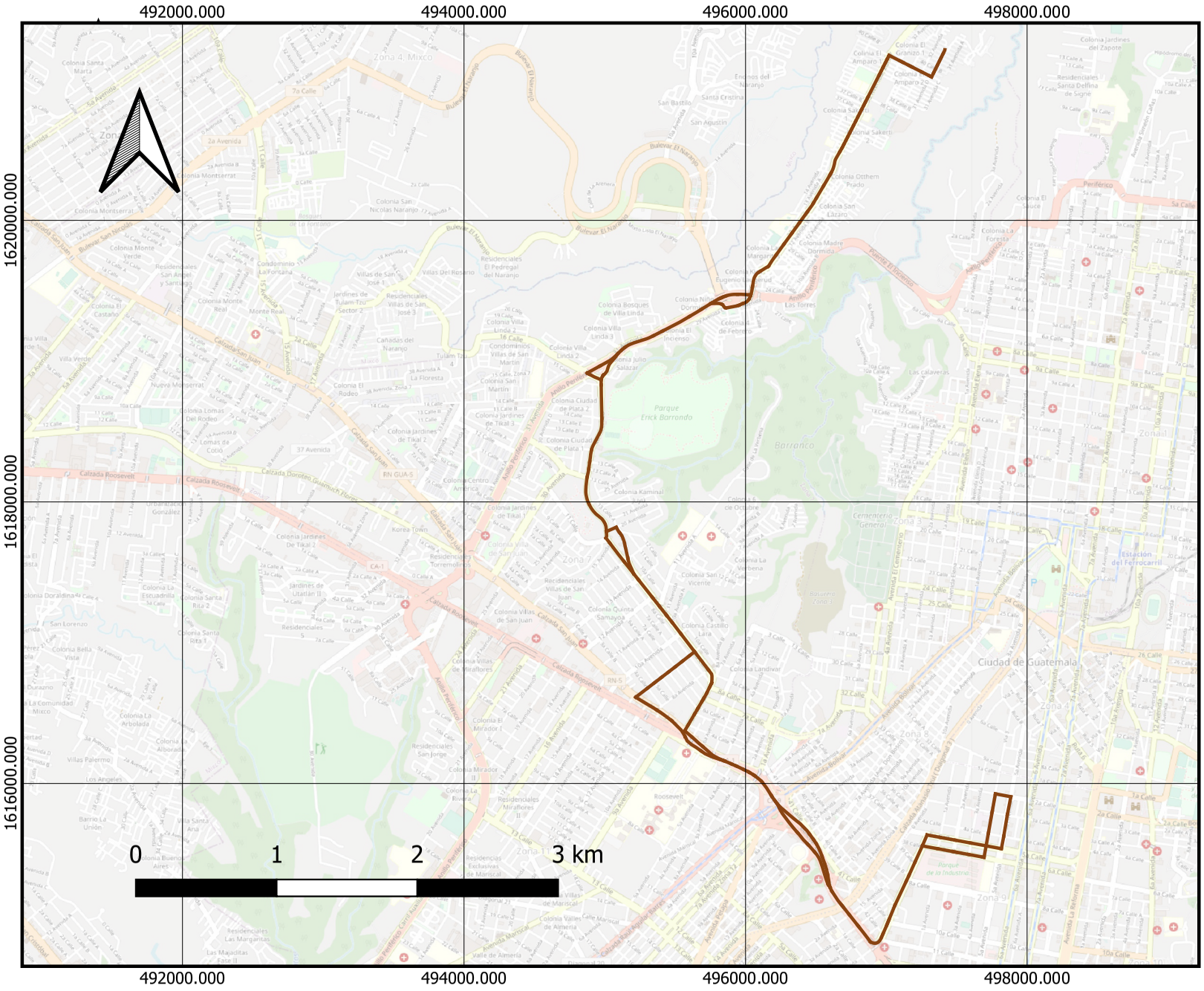
Rutas de Transporte Público

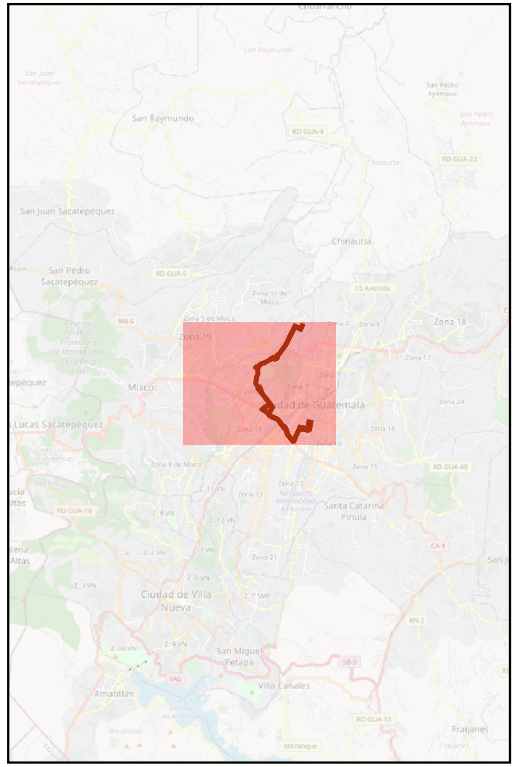
Ruta #28

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #36

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





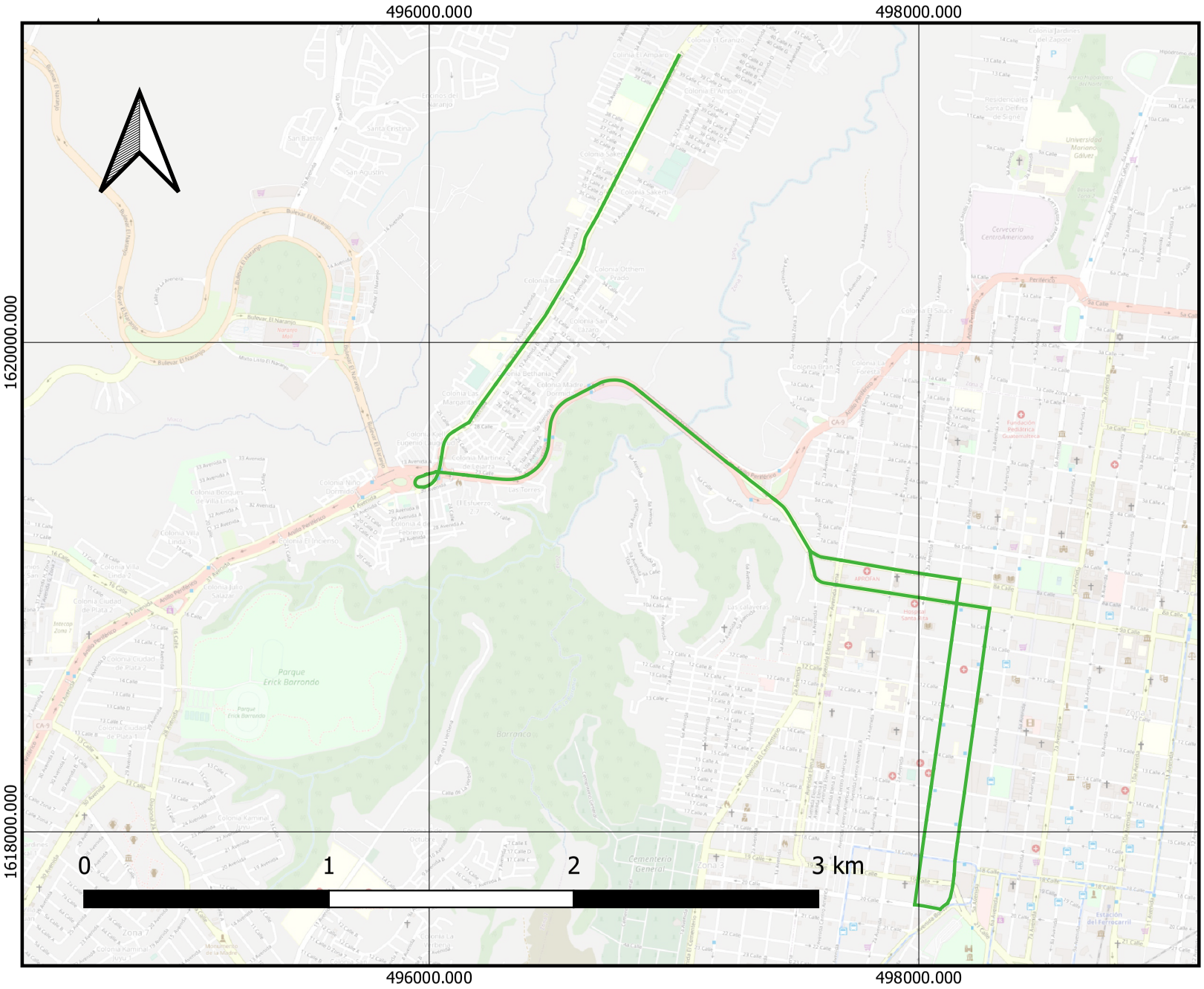
Rutas de Transporte Público

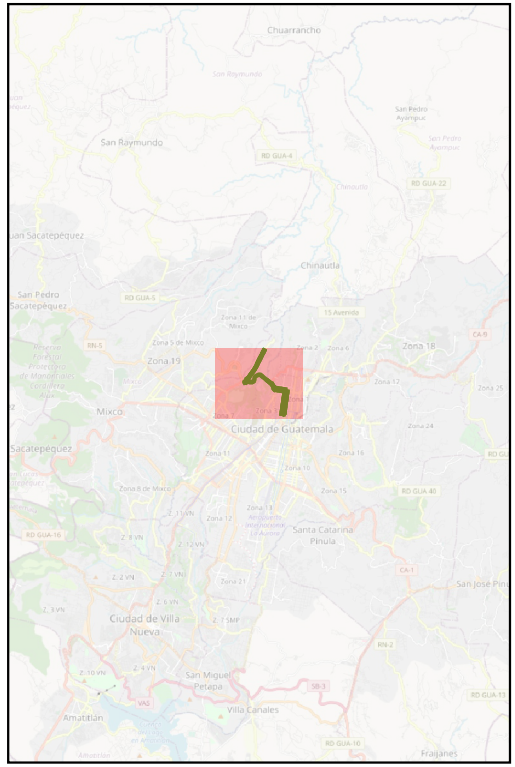
Ruta #36

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #37

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





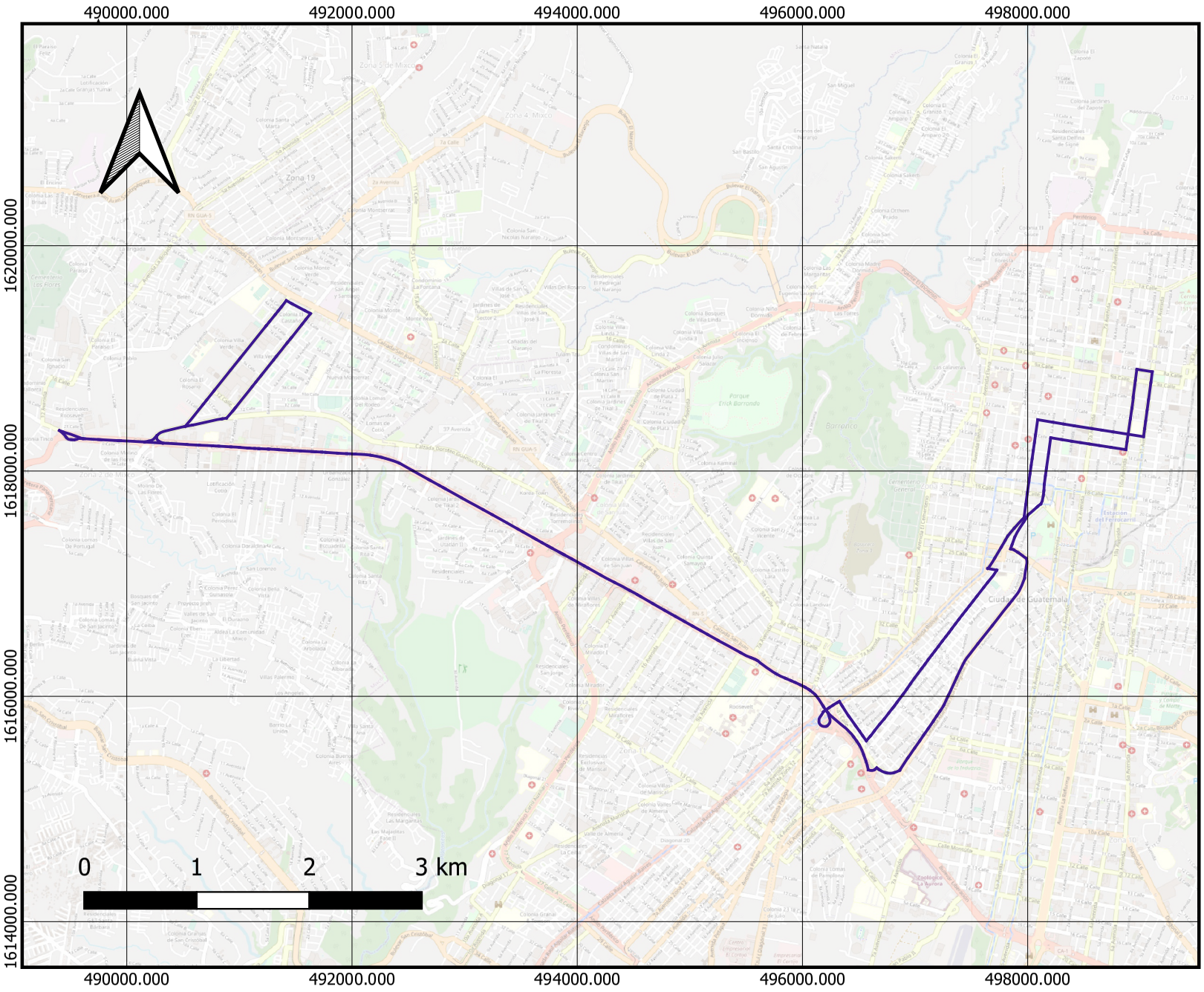
Rutas de Transporte Público

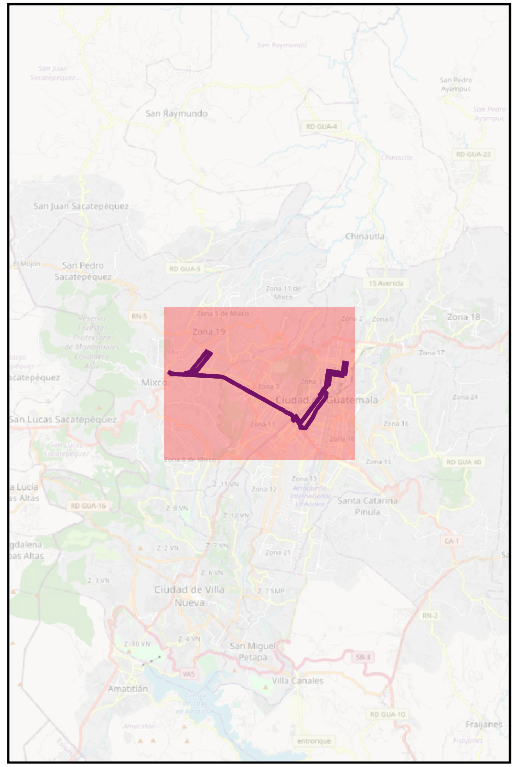
Ruta #37

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #40

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





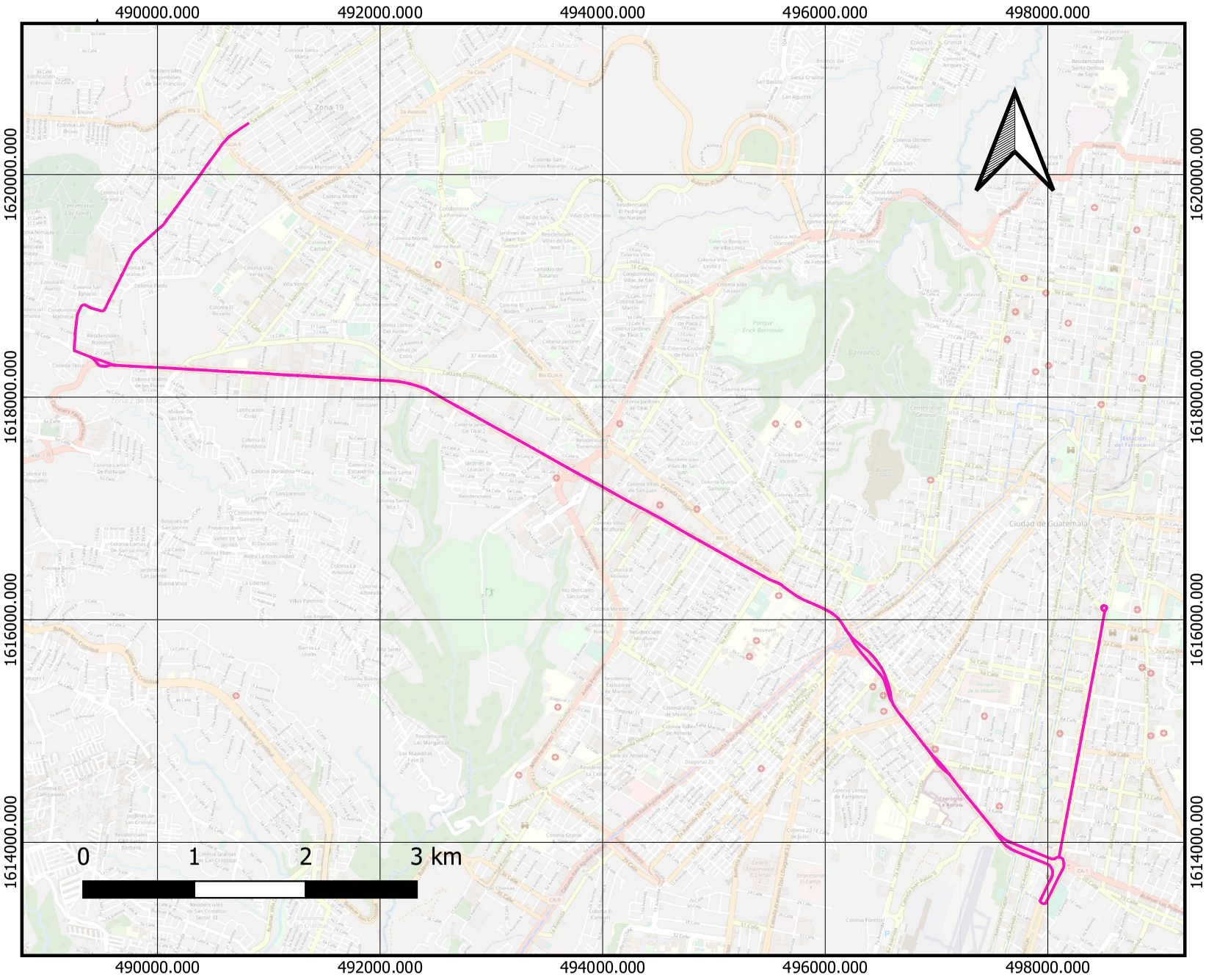
Rutas de Transporte Público

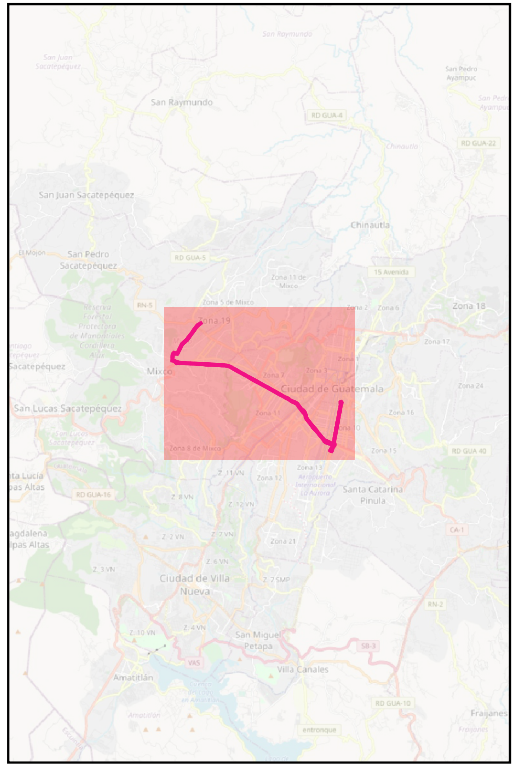
Ruta #40

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #42

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





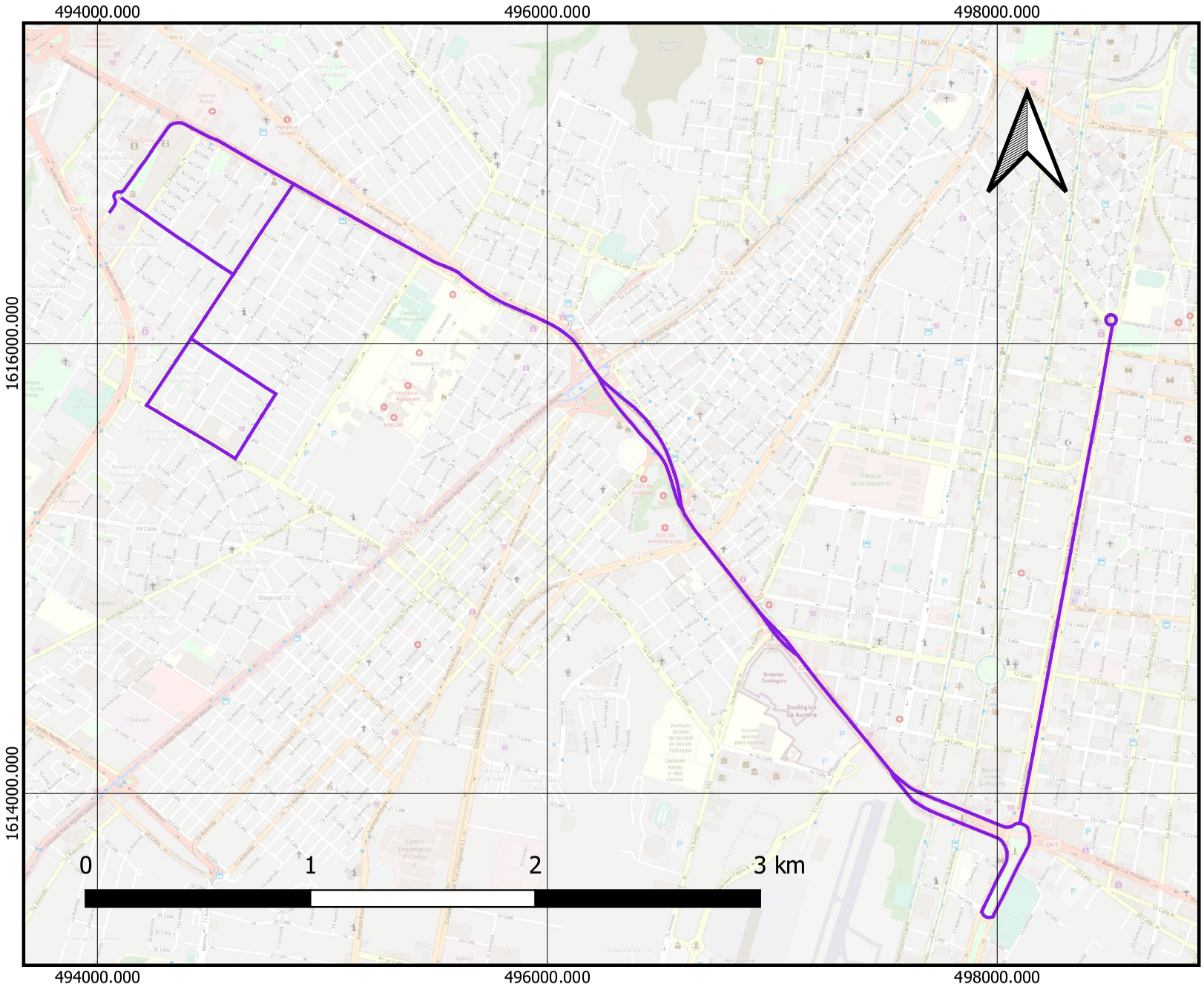
Rutas de Transporte Público

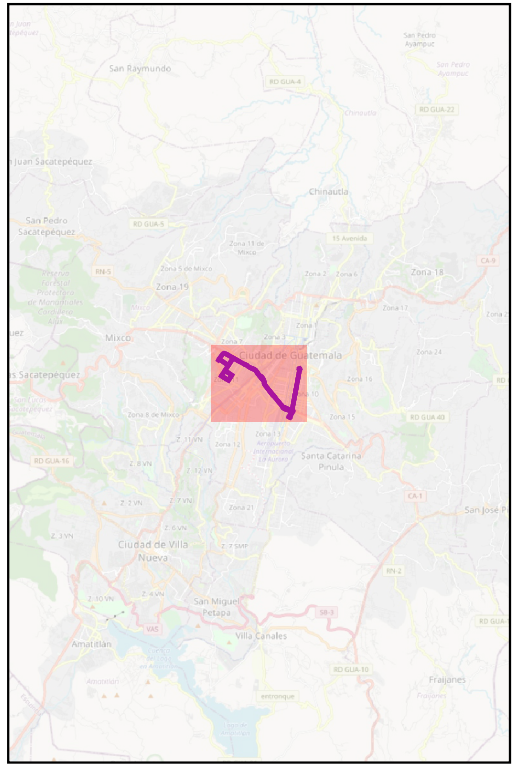
Ruta #42

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #43

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





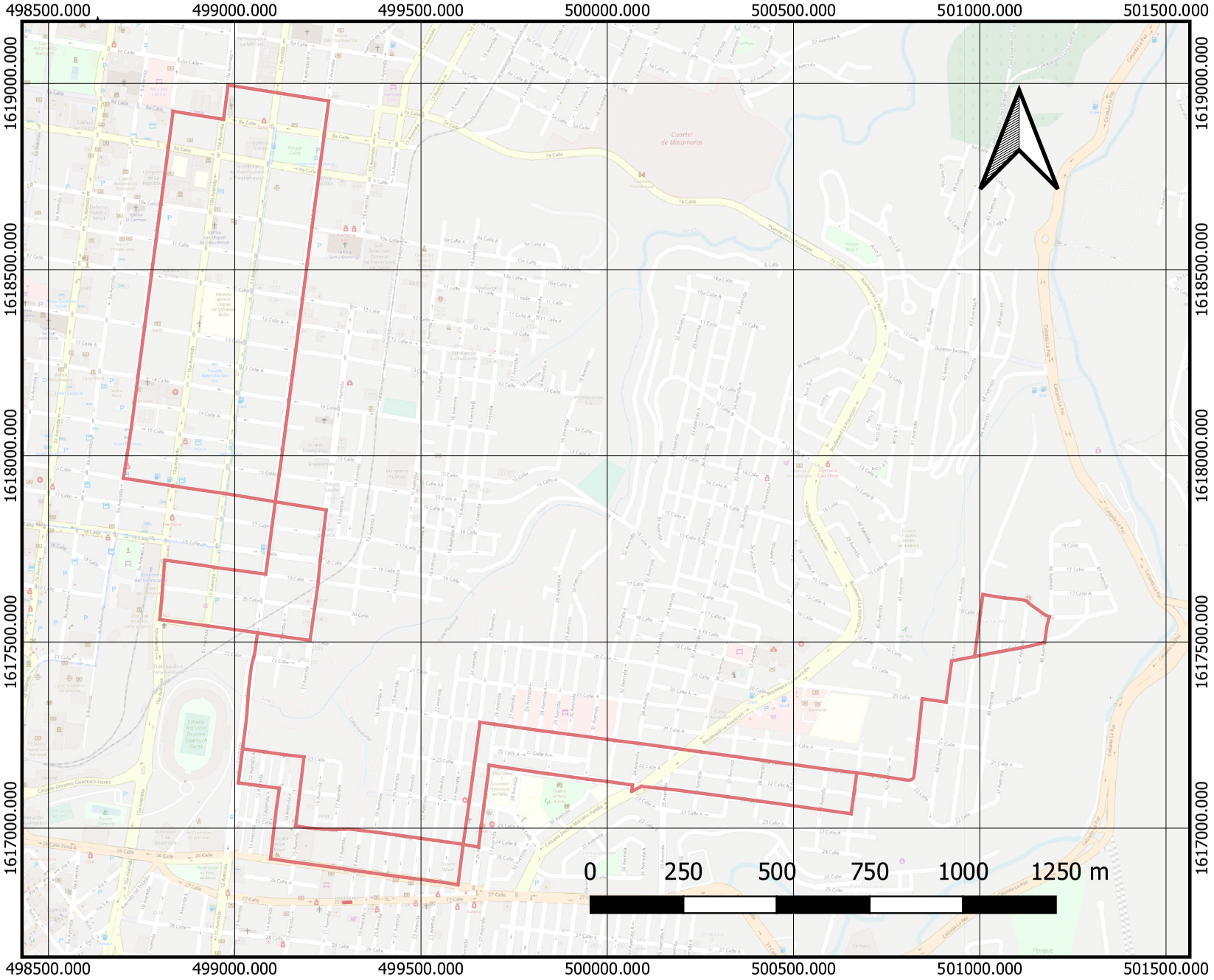
Rutas de Transporte Público

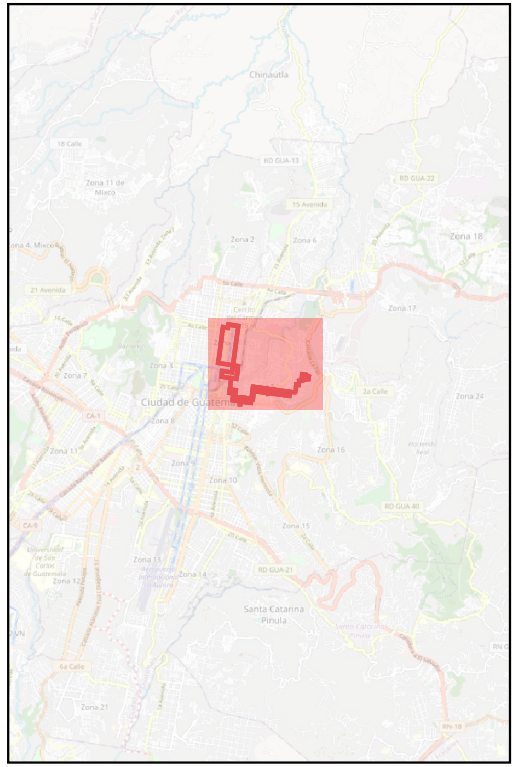
Ruta #43

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #60

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





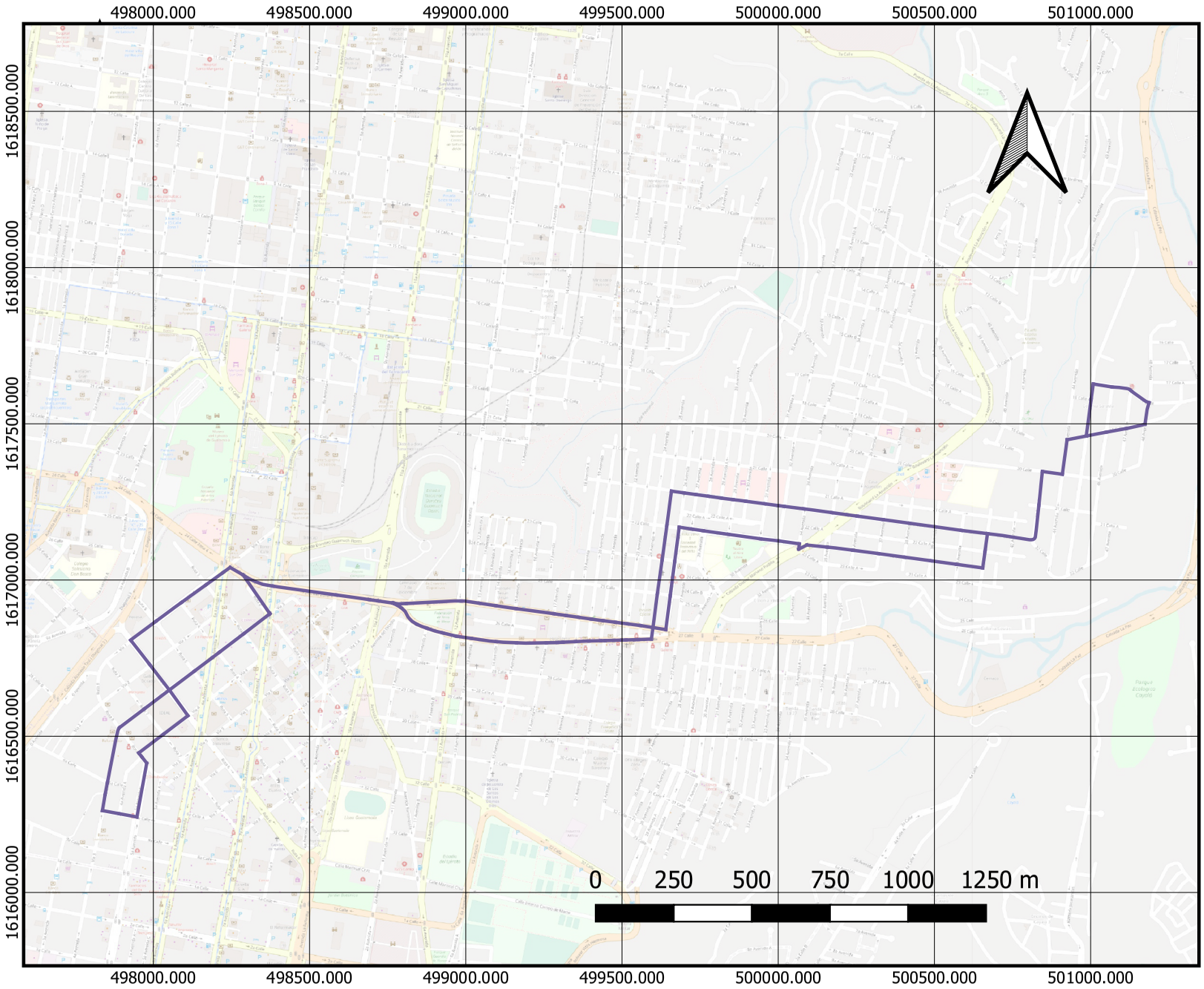
Rutas de Transporte Público

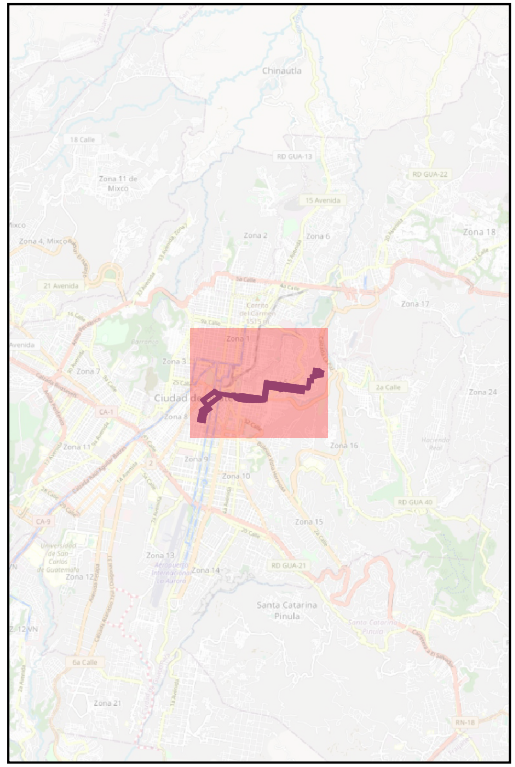
Ruta #60

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #61

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





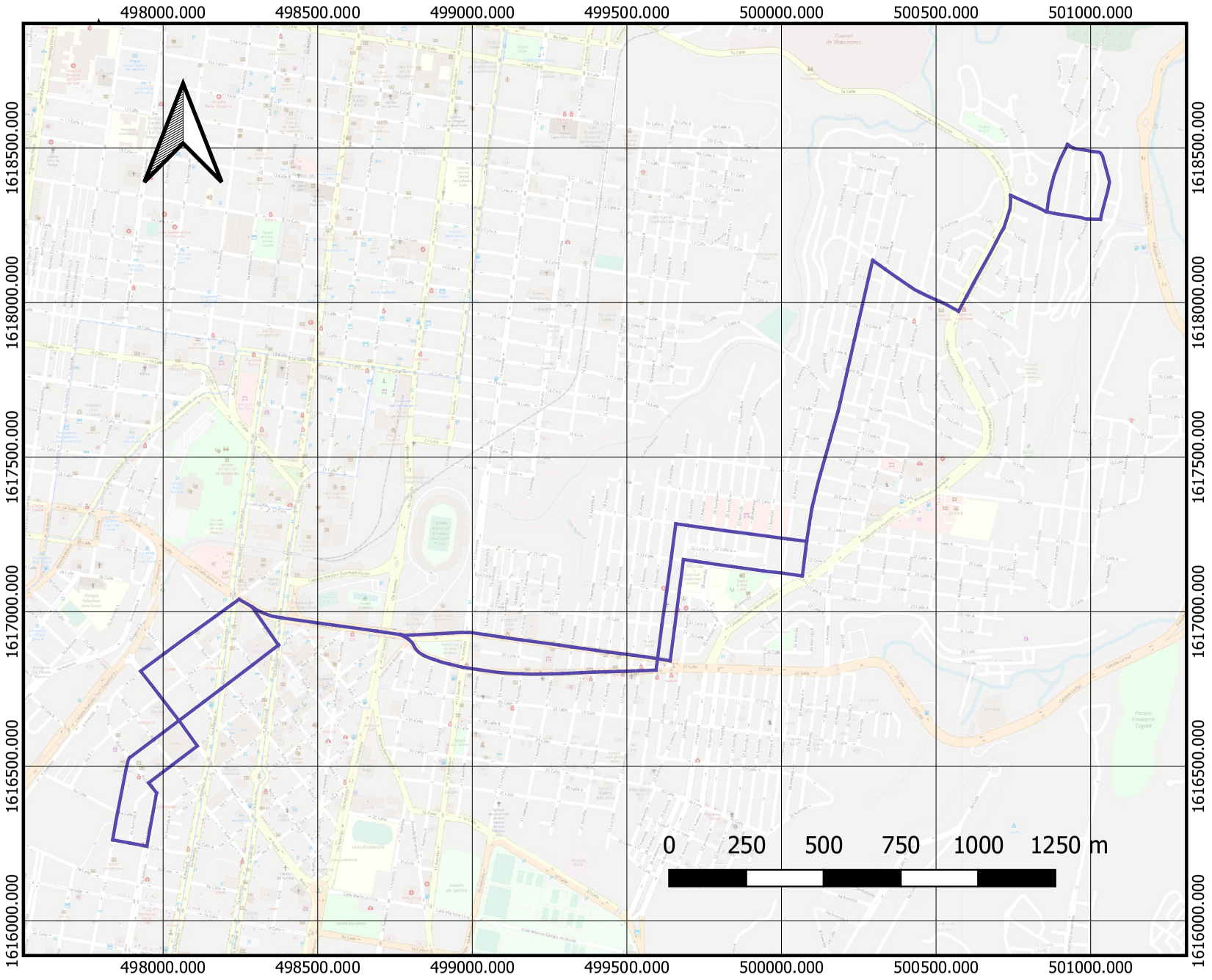
Rutas de Transporte Público

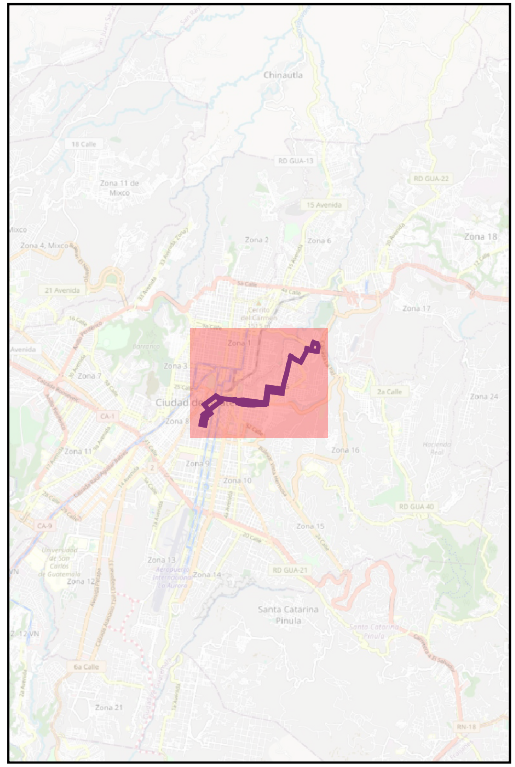
Ruta #61

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #62

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





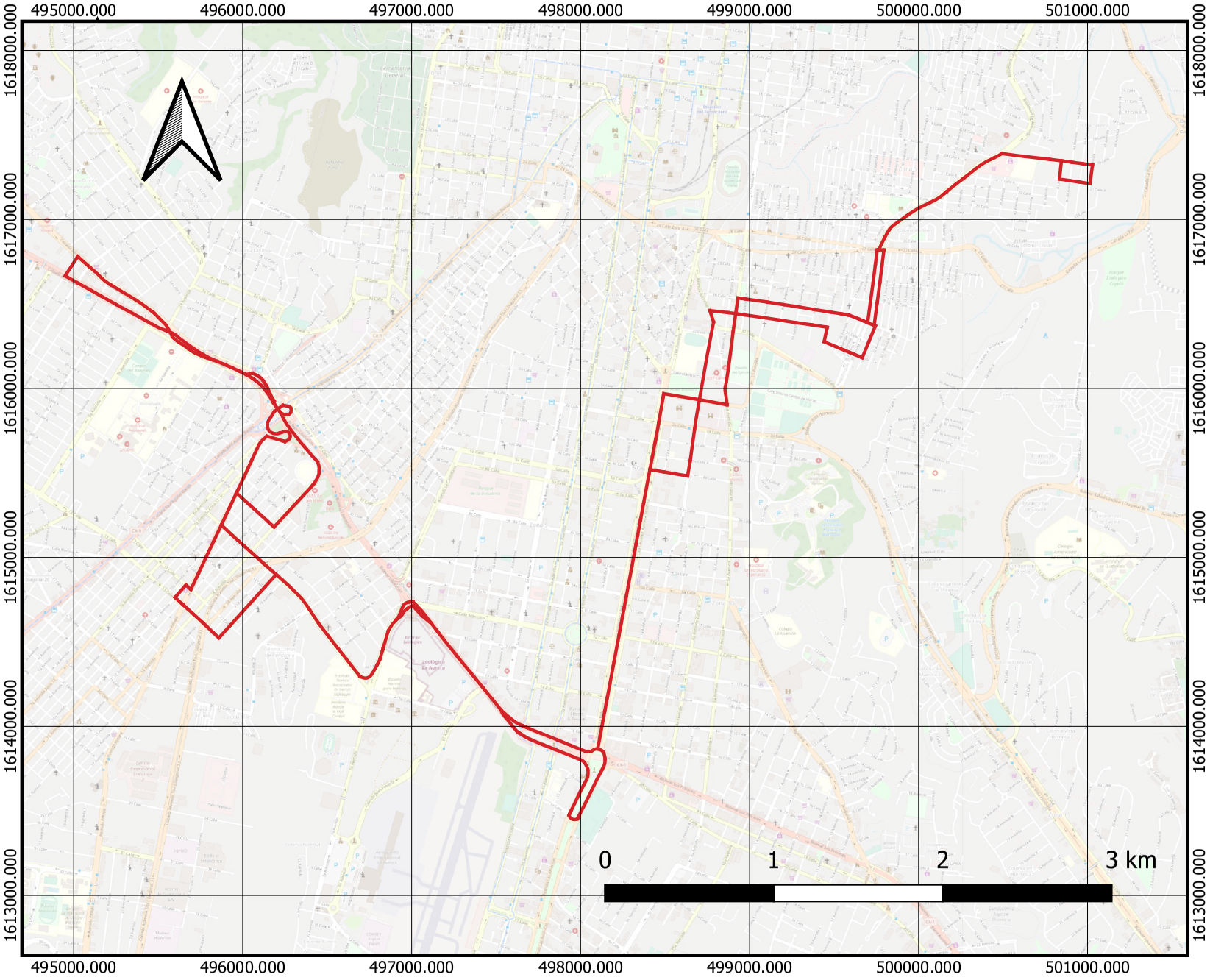
Rutas de Transporte Público

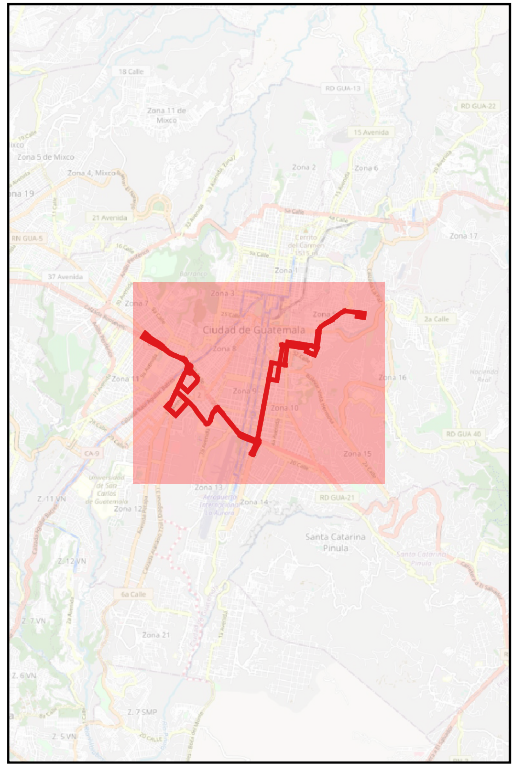
Ruta #62

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #63

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





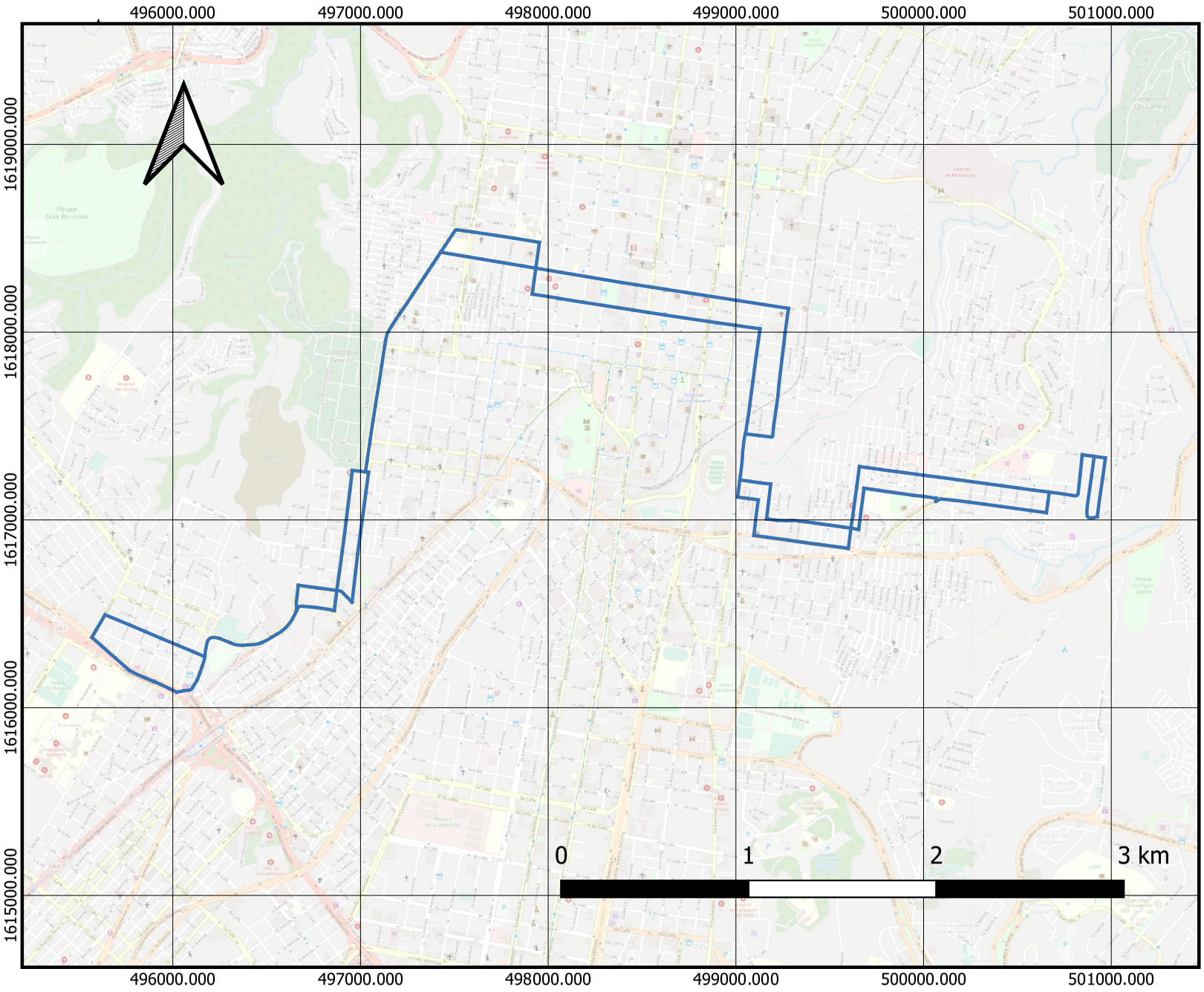
Rutas de Transporte Público

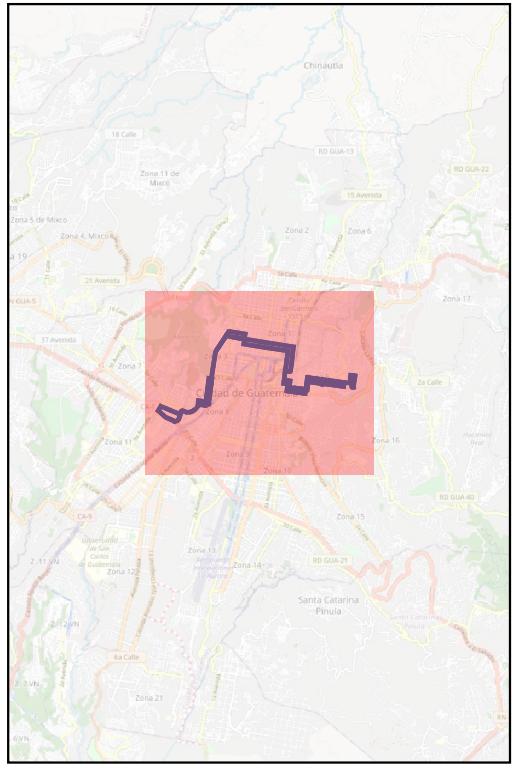
Ruta #63

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #63C

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





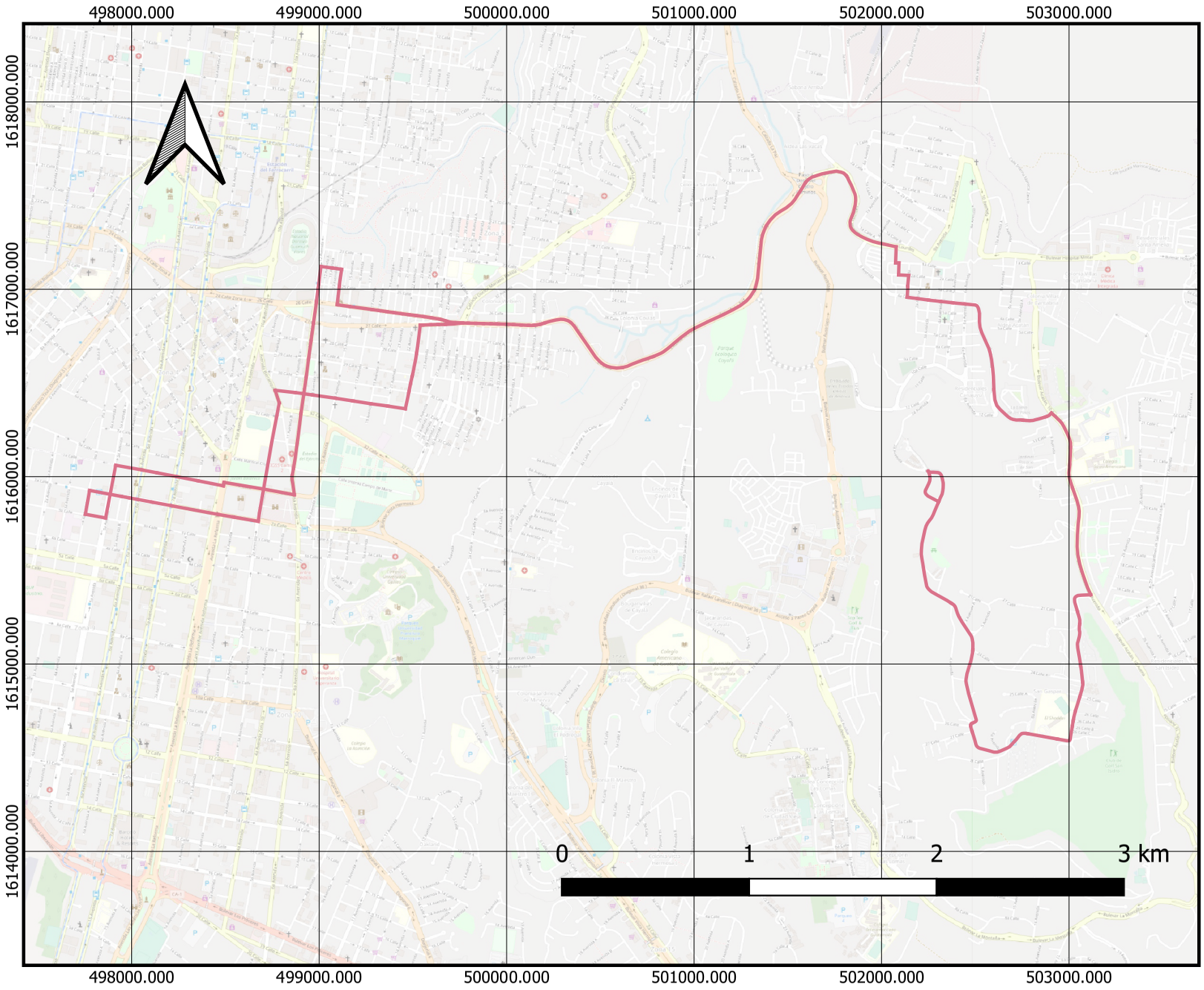
Rutas de Transporte Público

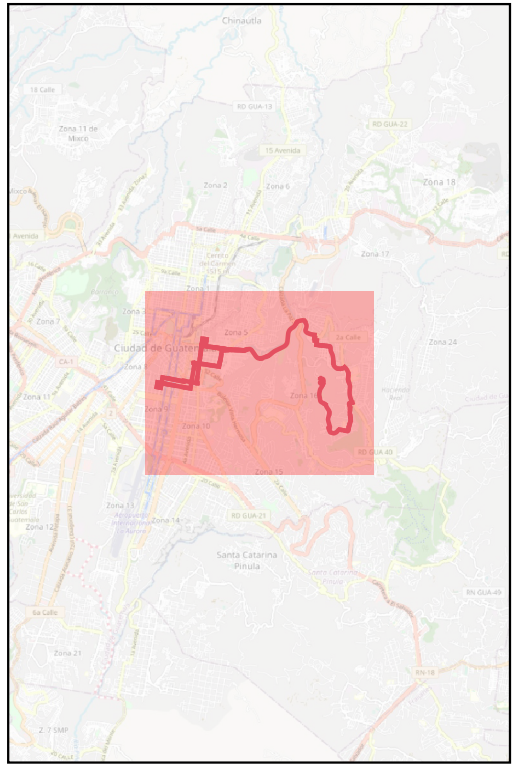
Ruta #63C

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #65

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





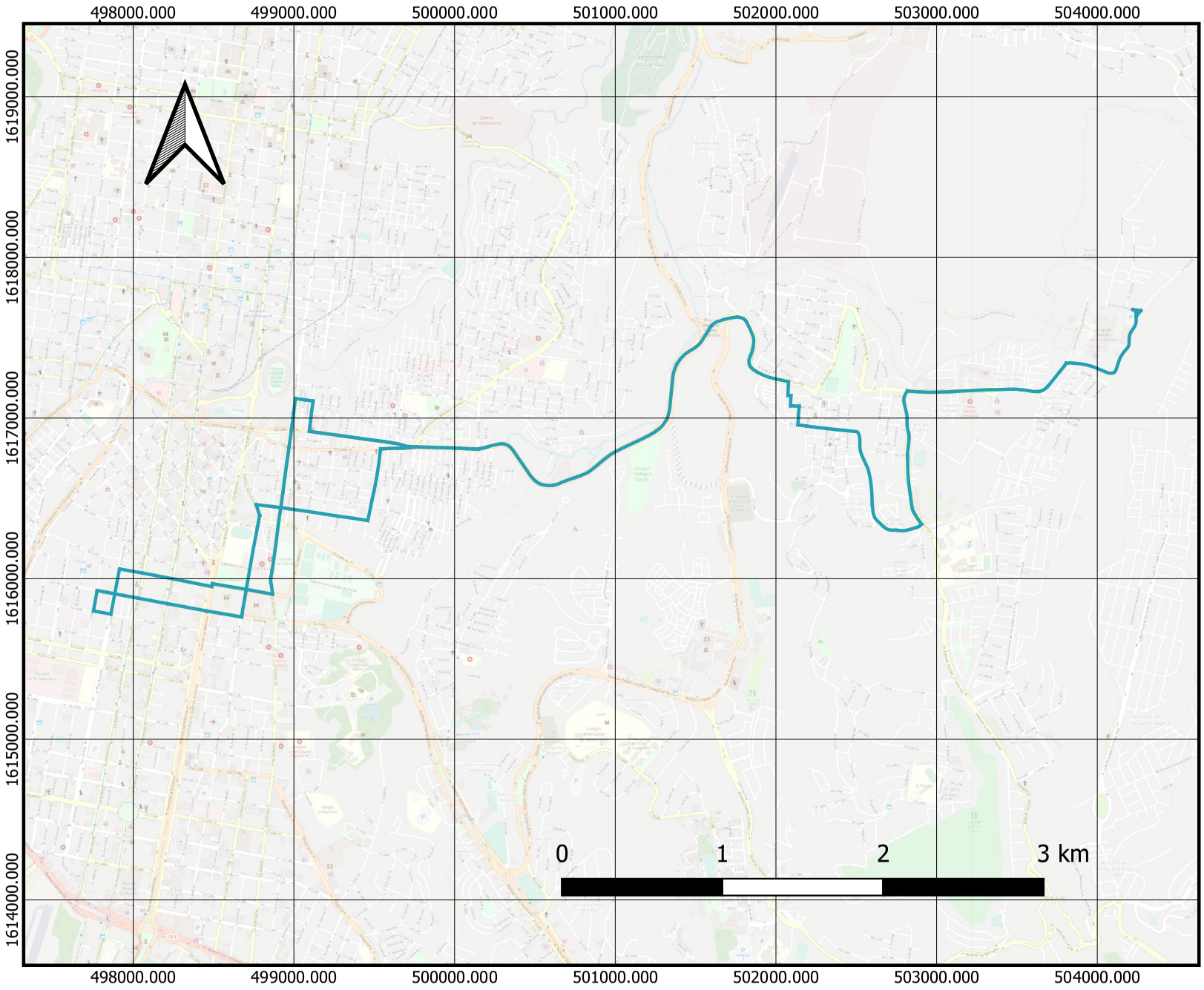
Rutas de Transporte Público

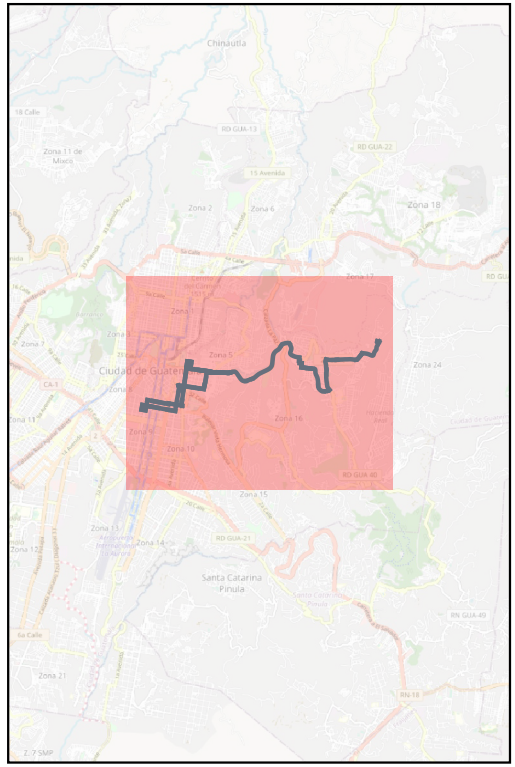
Ruta #65

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #66

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





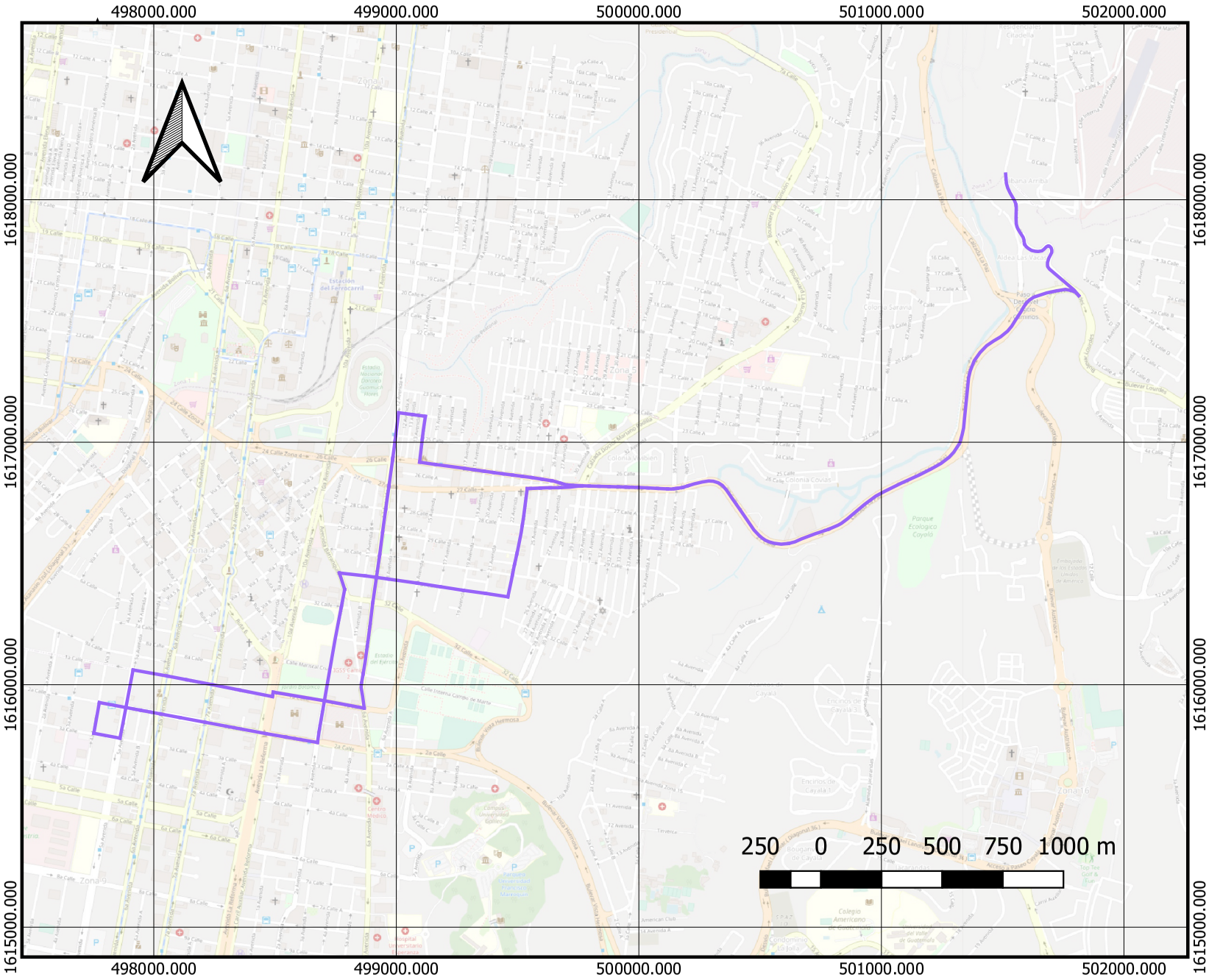
Rutas de Transporte Público

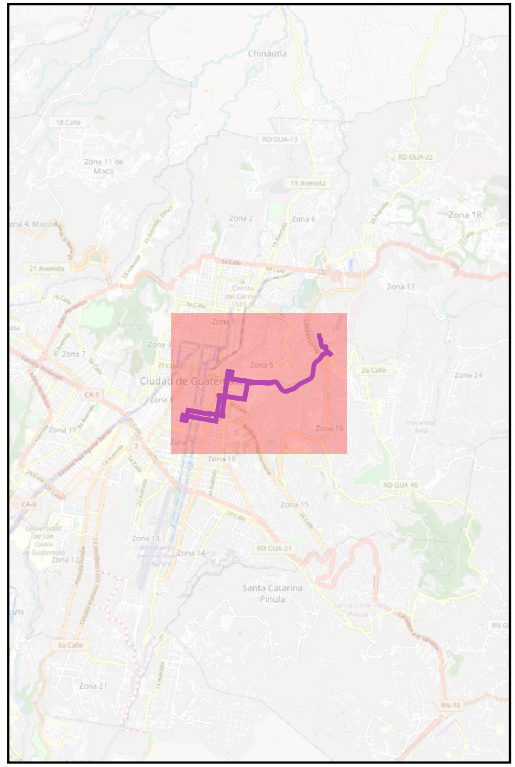
Ruta #66

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #67

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





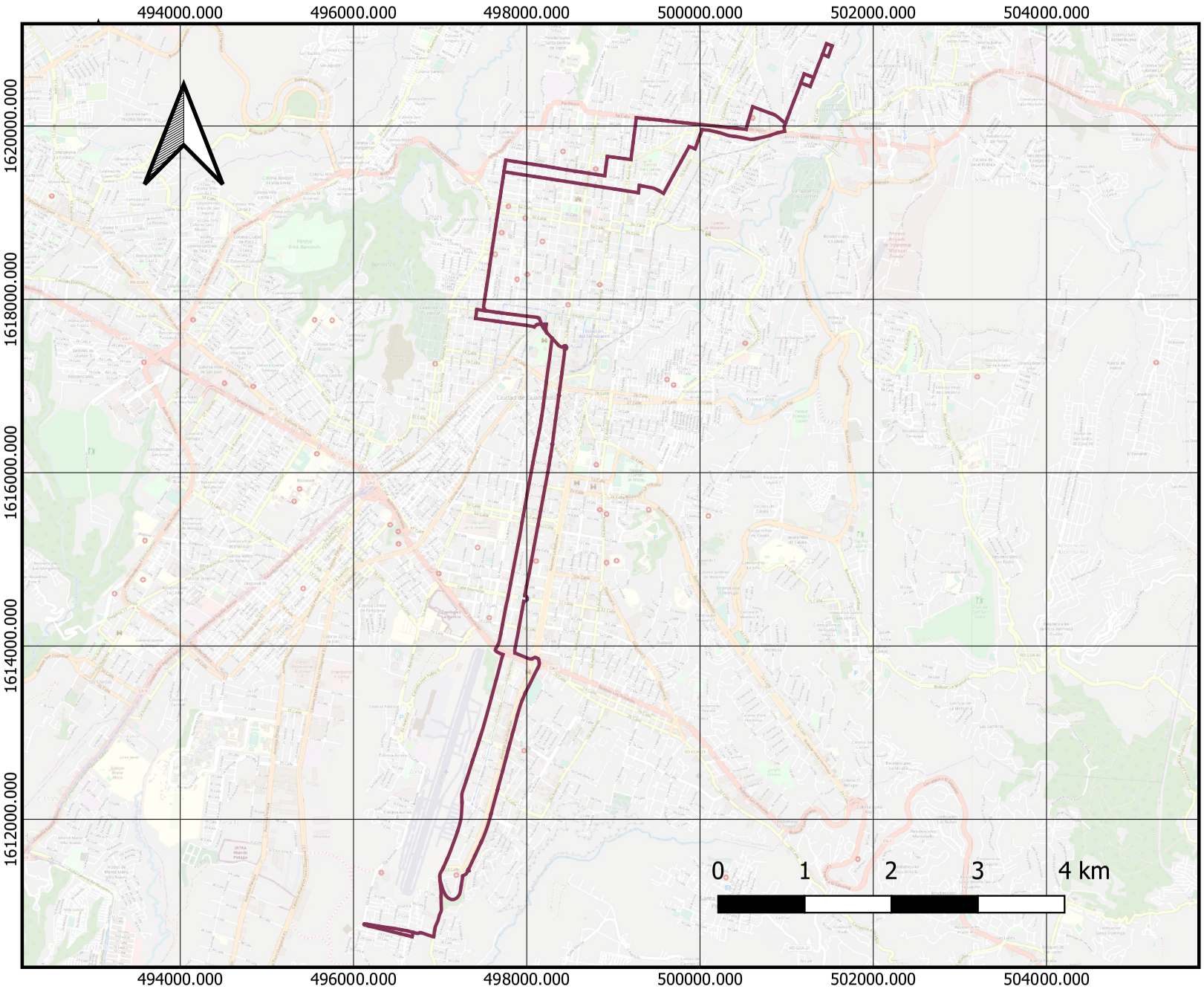
Rutas de Transporte Público

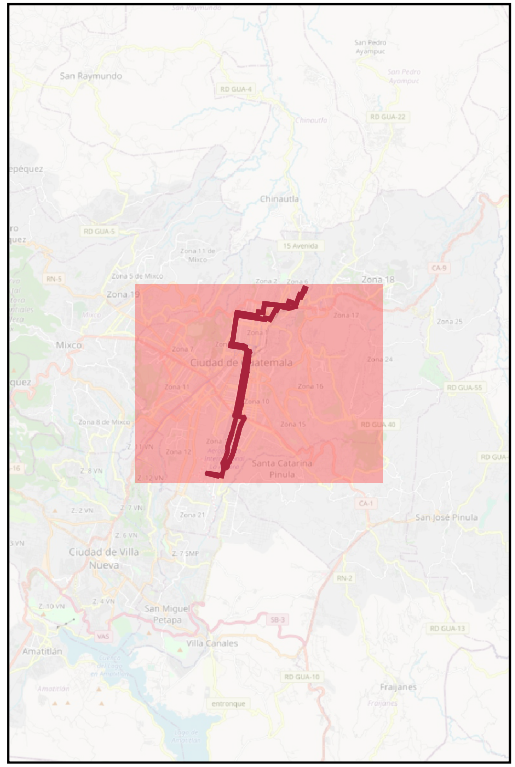
Ruta #67

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #68

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





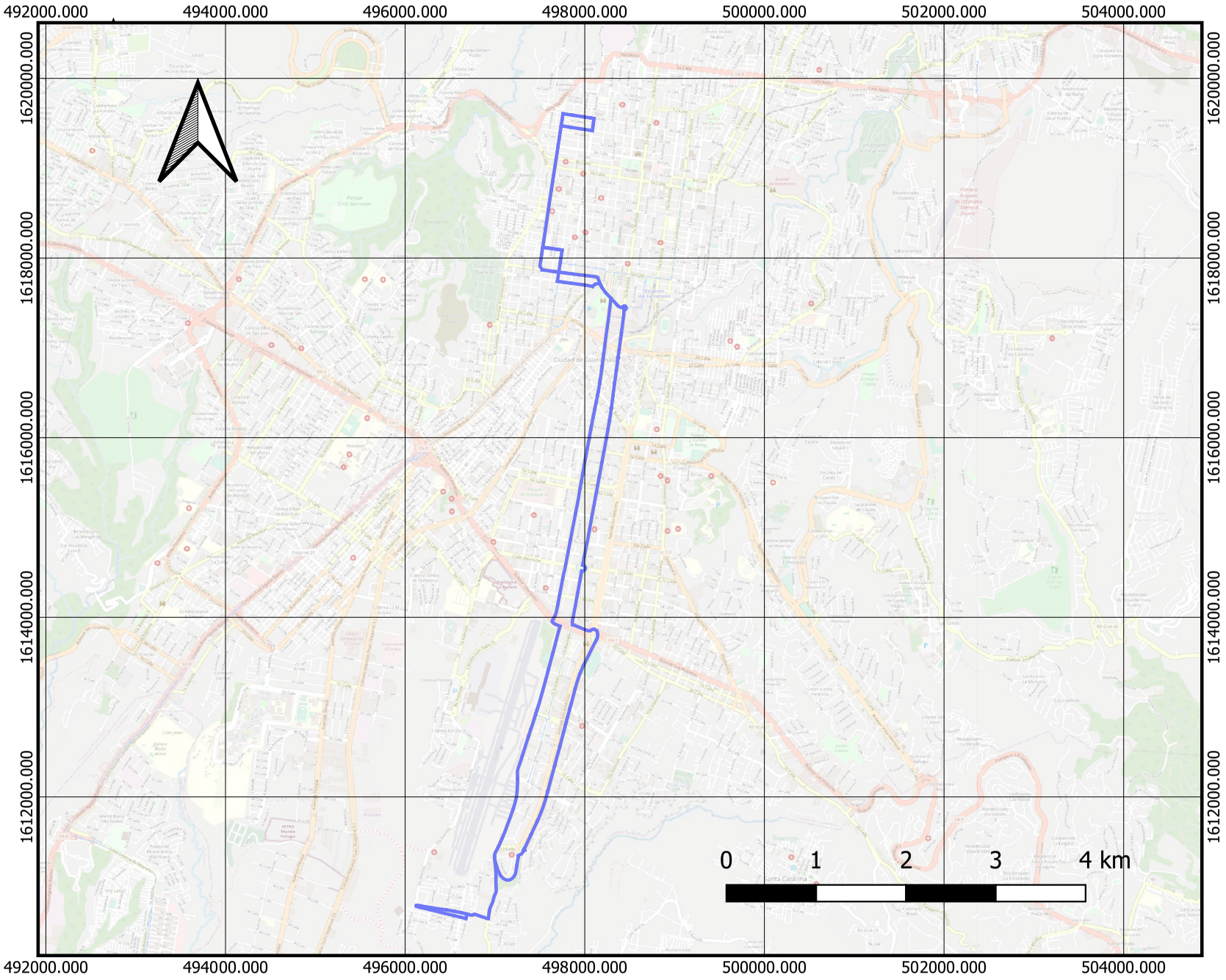
Rutas de Transporte Público

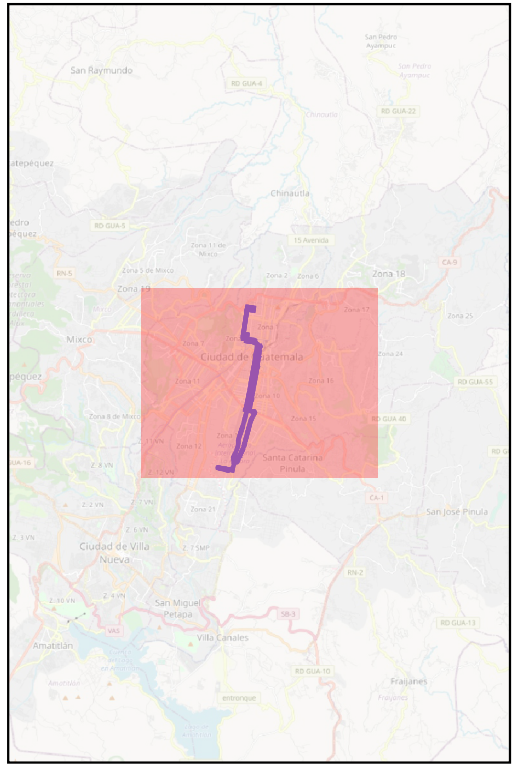
Ruta #68

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #69

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





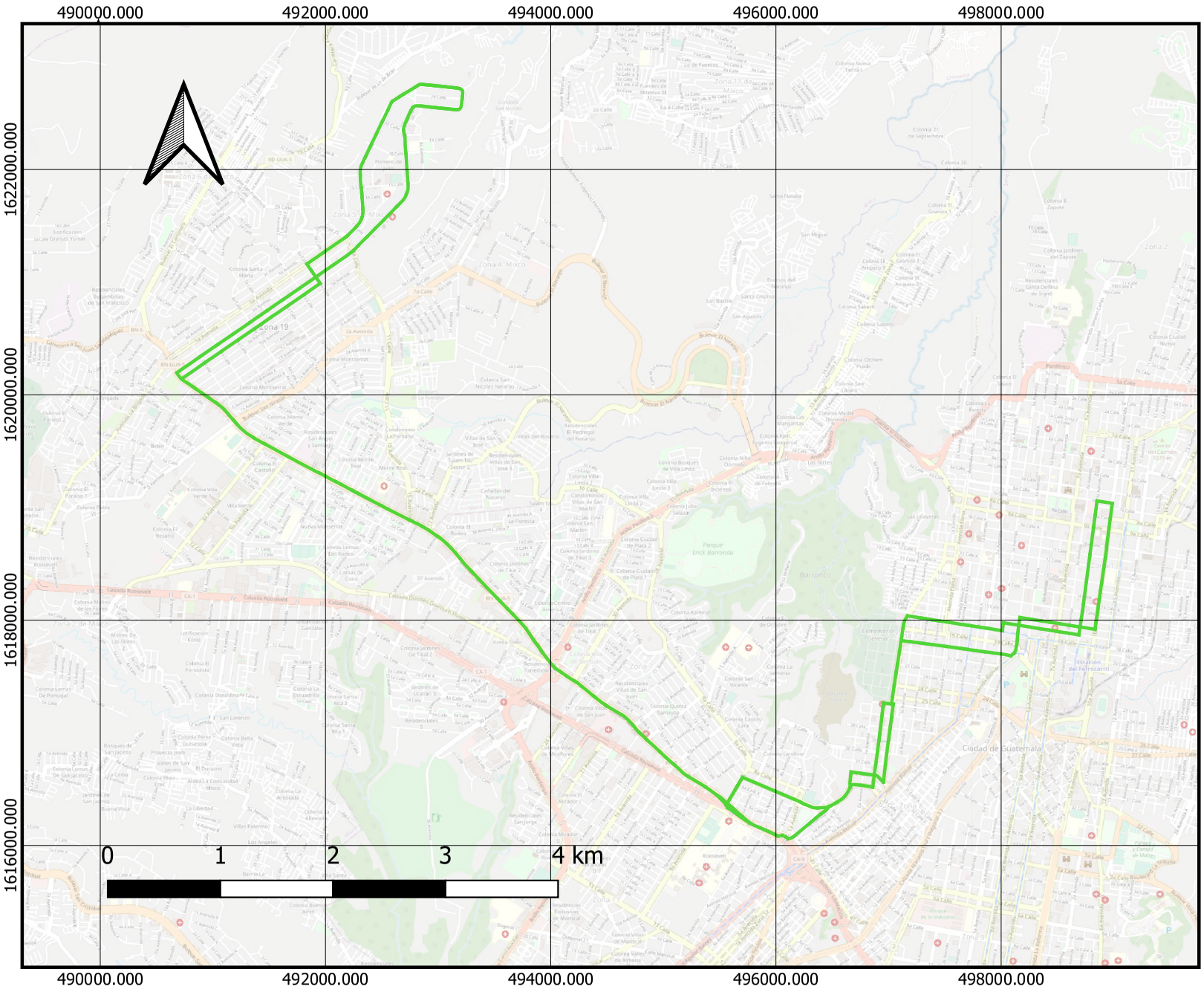
Rutas de Transporte Público

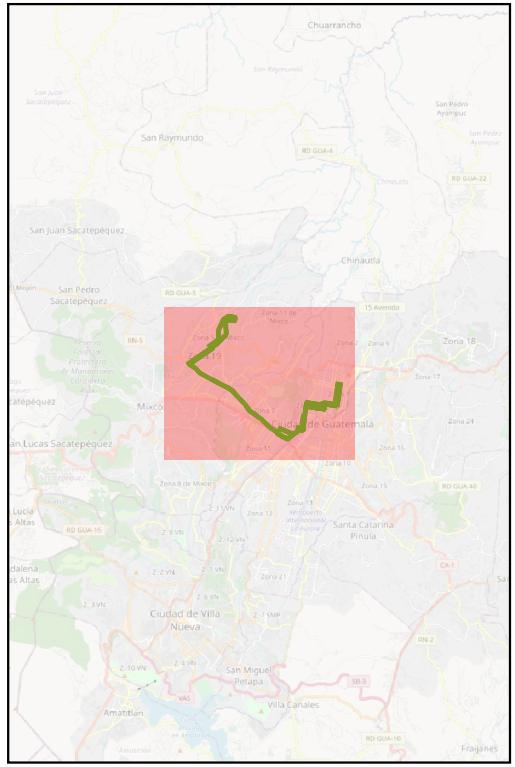
Ruta #69

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #70

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





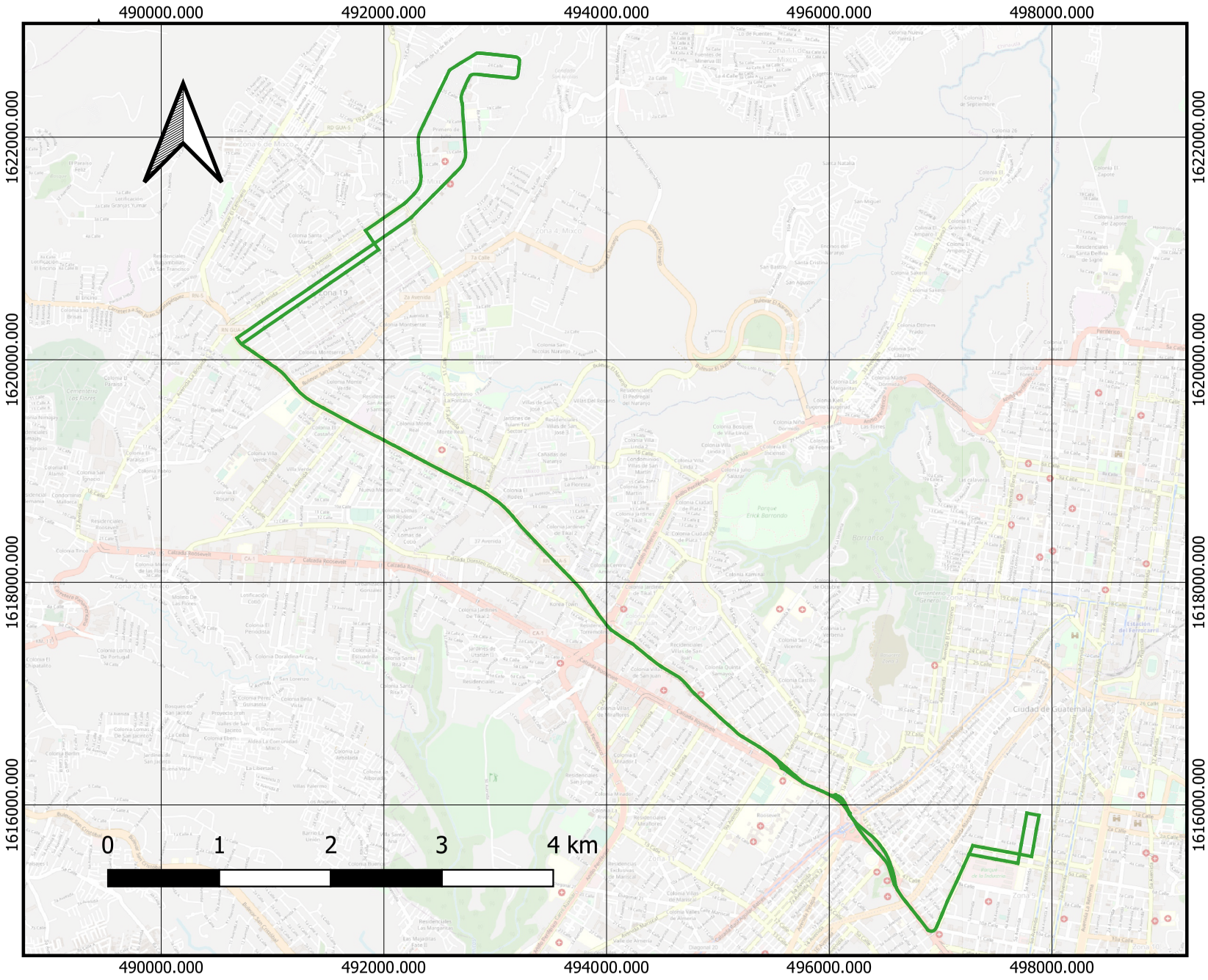
Rutas de Transporte Público

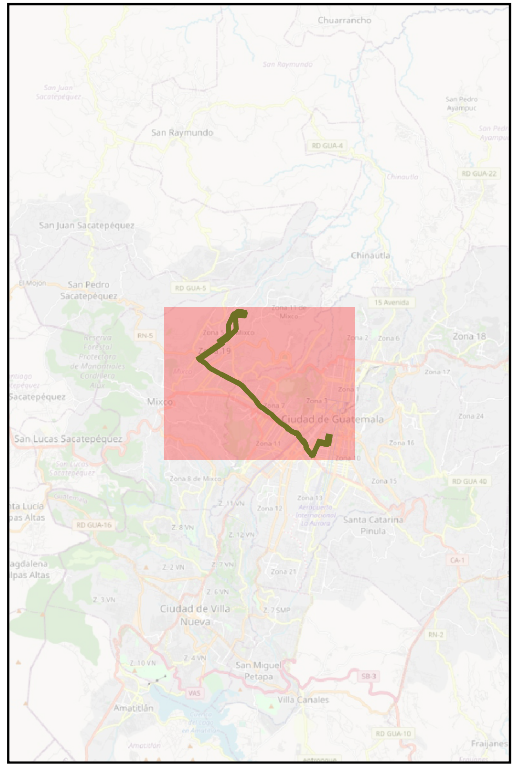
Ruta #70

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #71

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





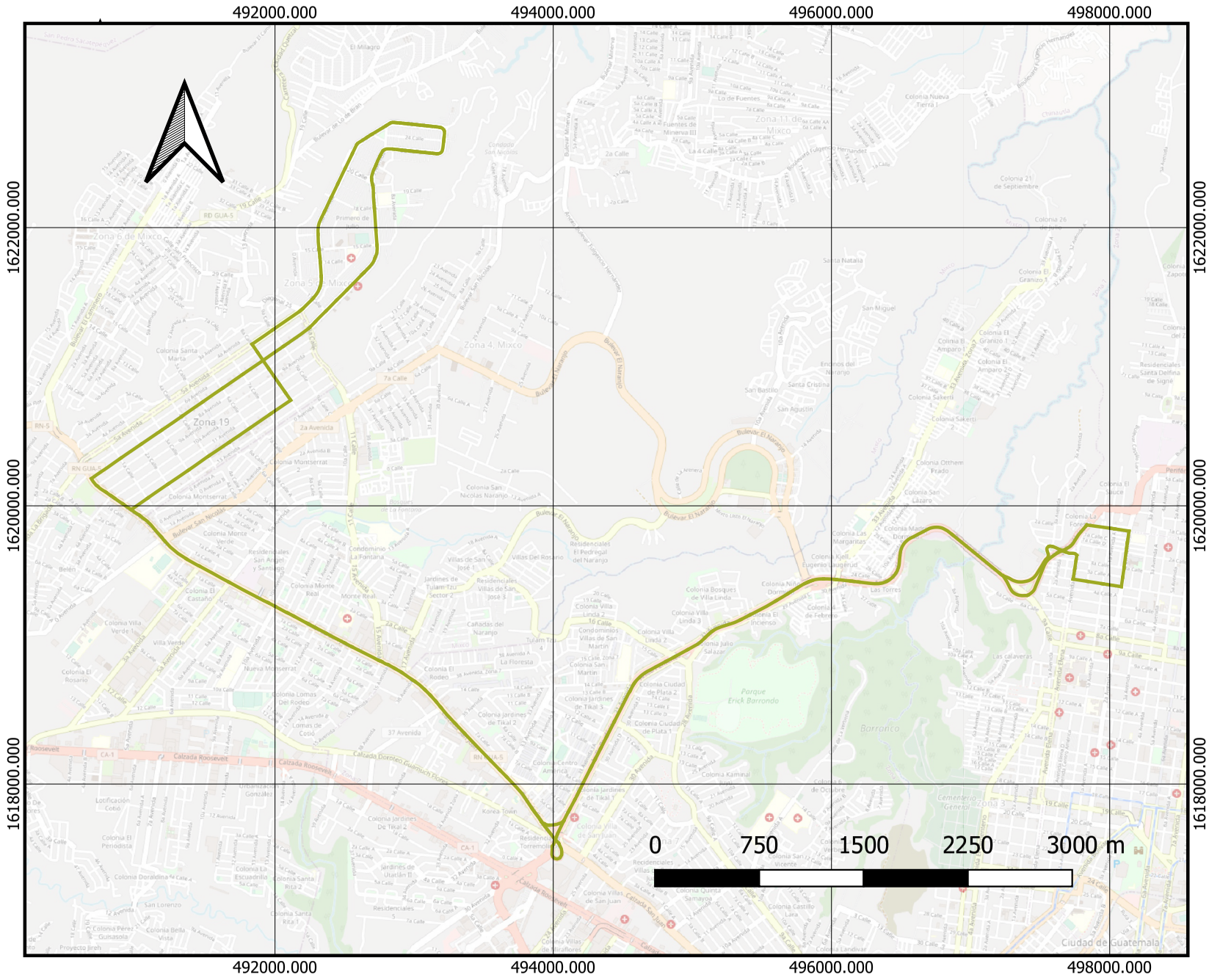
Rutas de Transporte Público

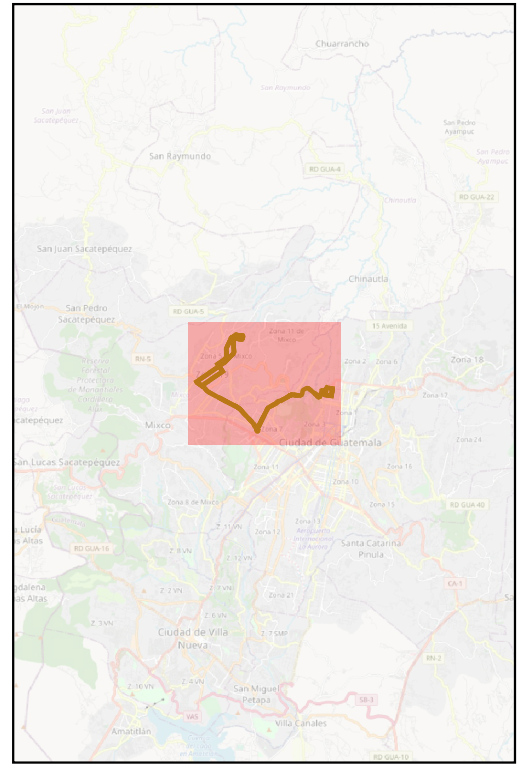
Ruta #71

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #72

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





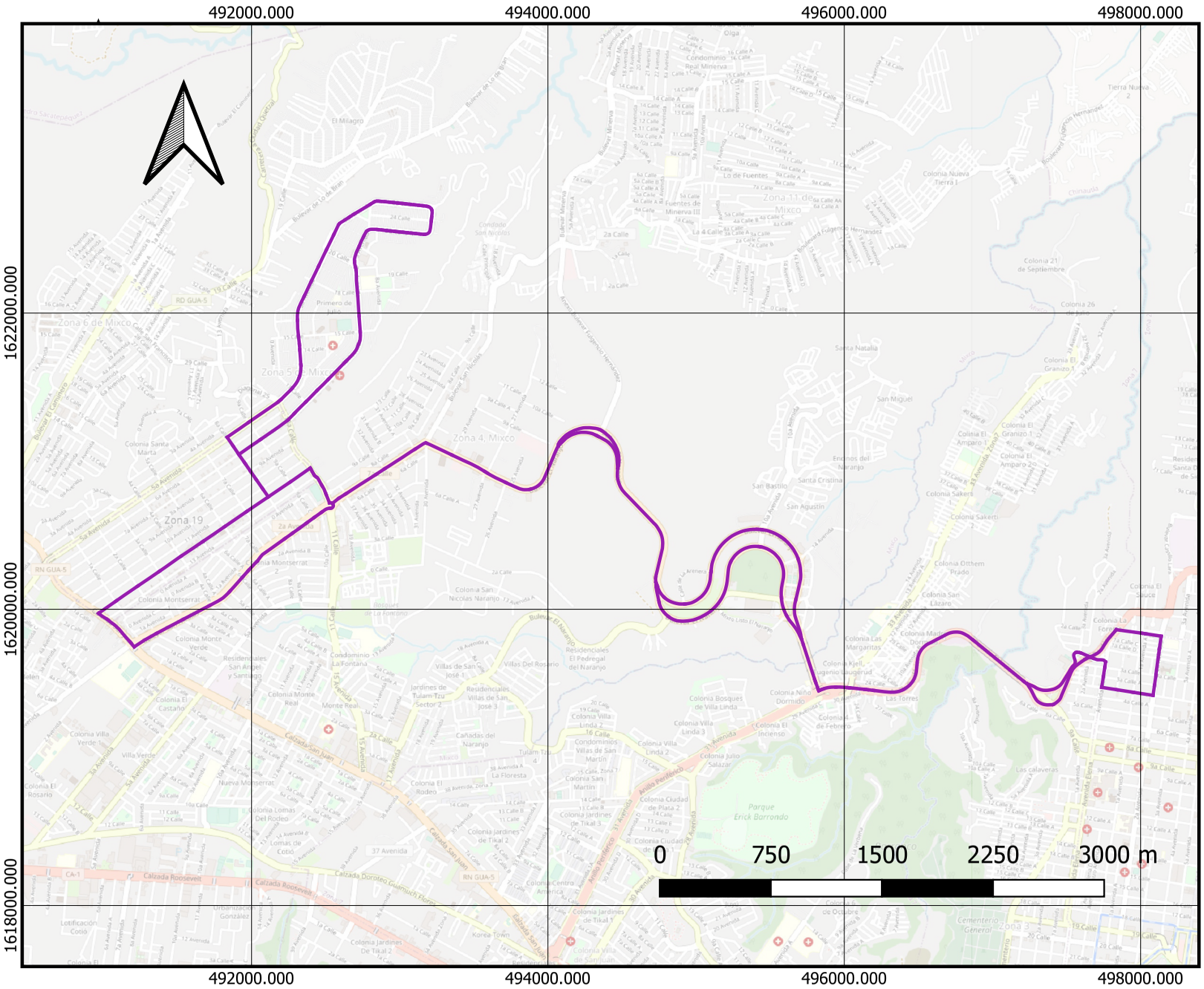
Rutas de Transporte Público

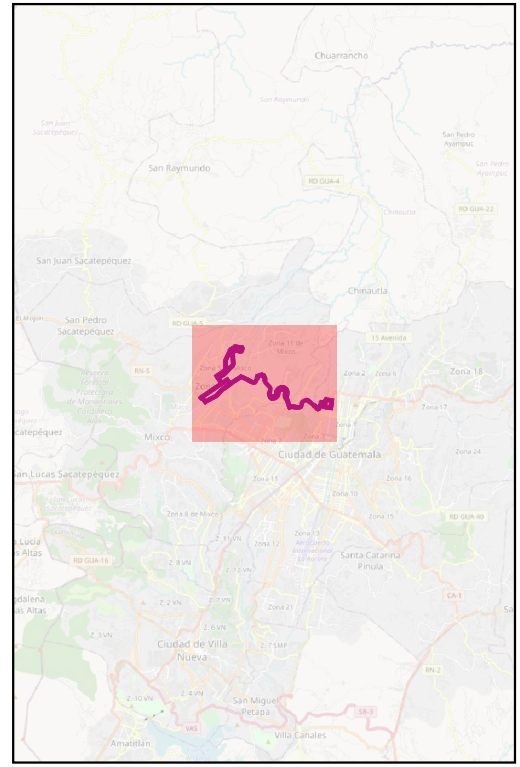
Ruta #72

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #73

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





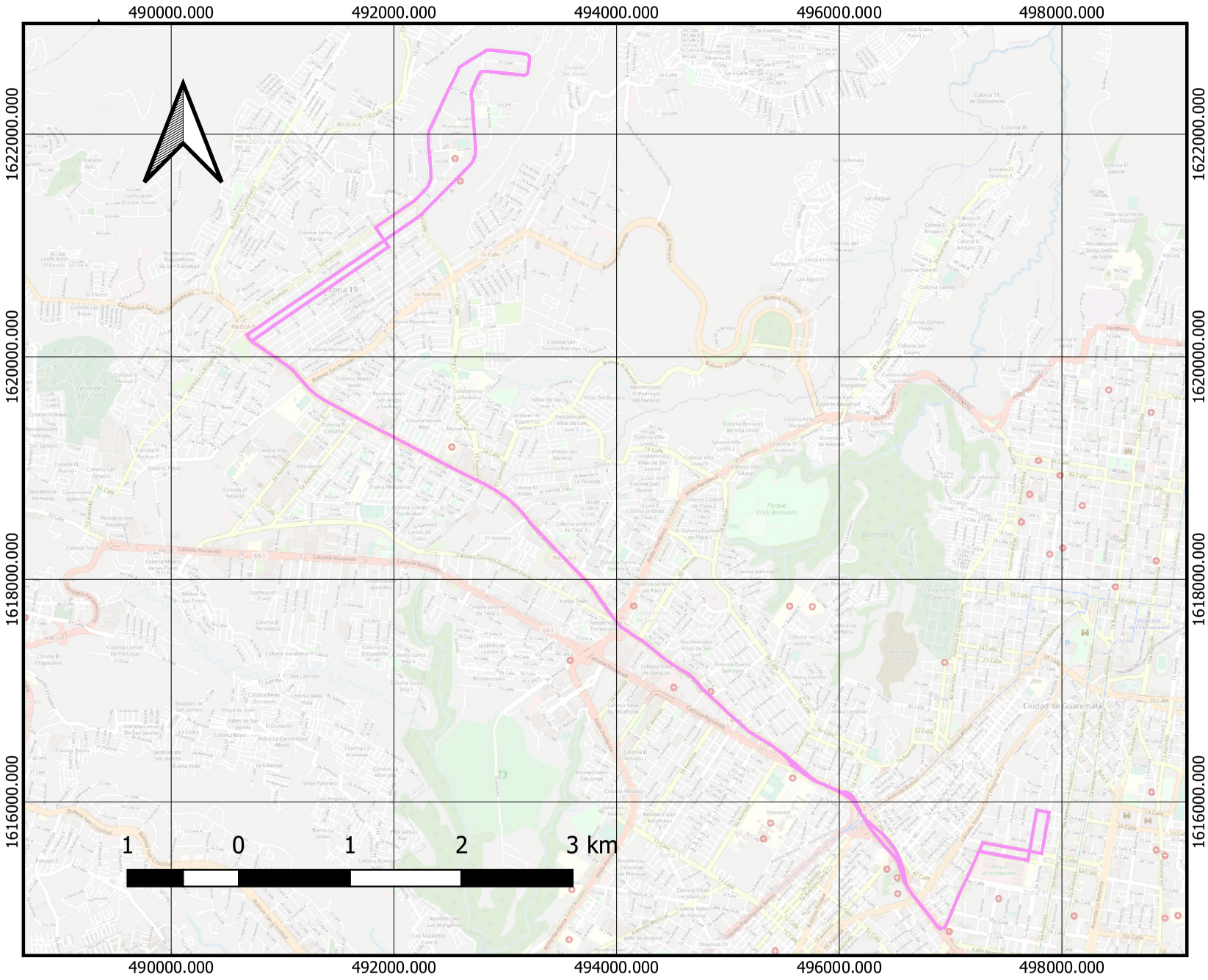
Rutas de Transporte Público

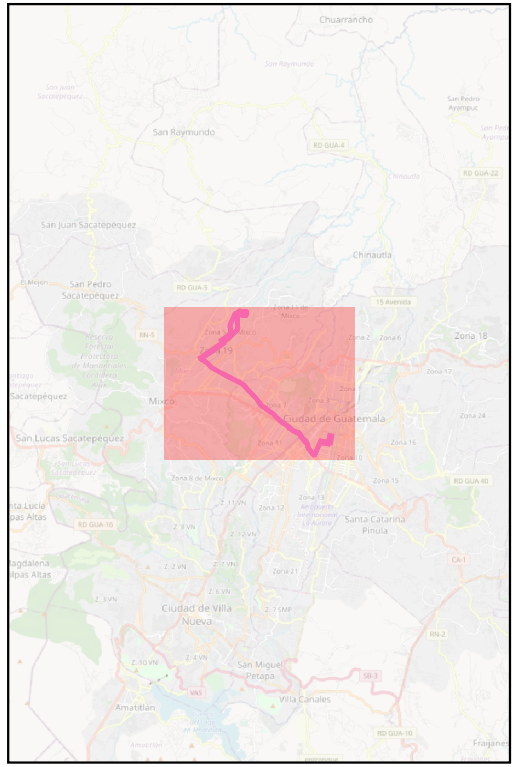
Ruta #73

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #75

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





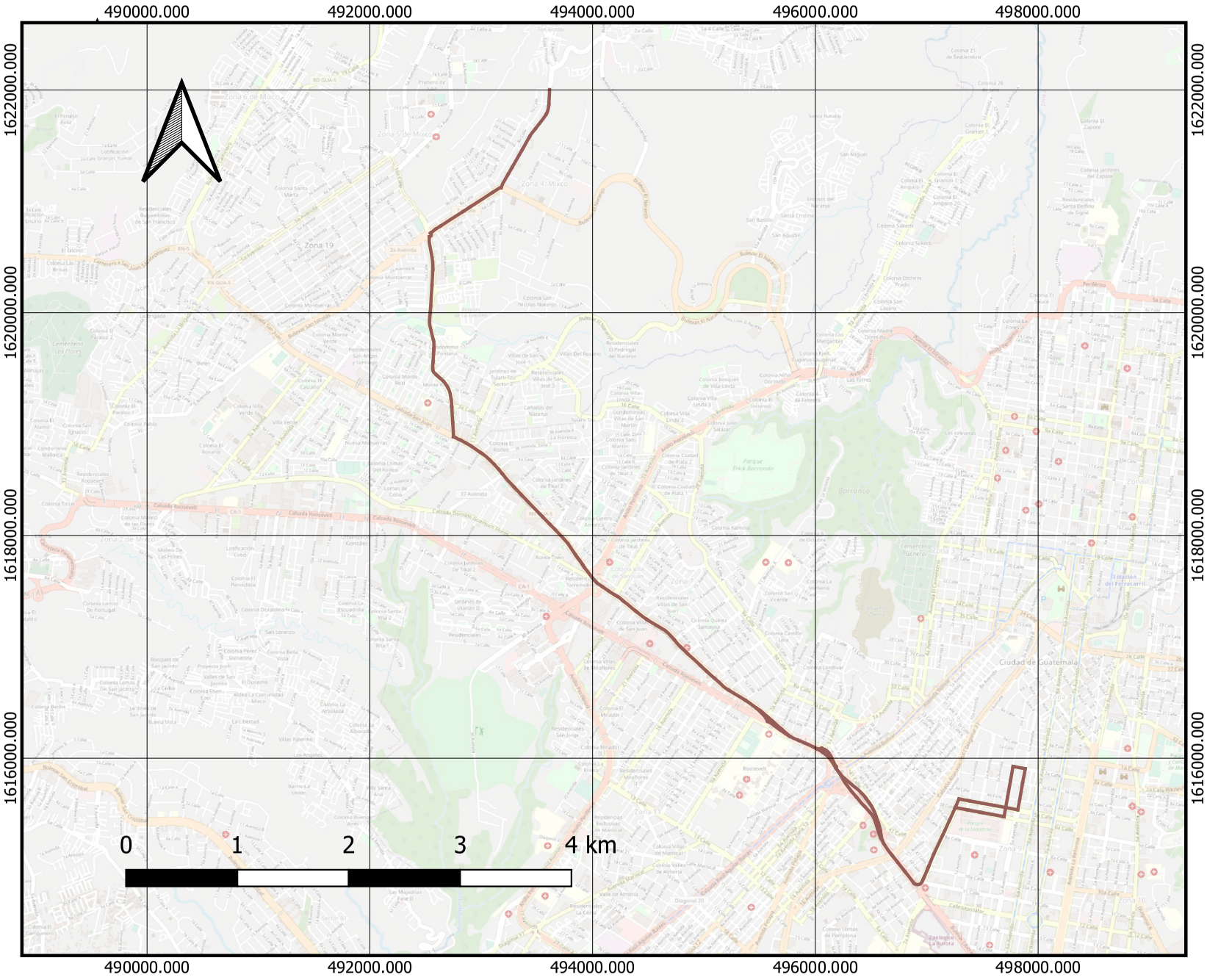
Rutas de Transporte Público

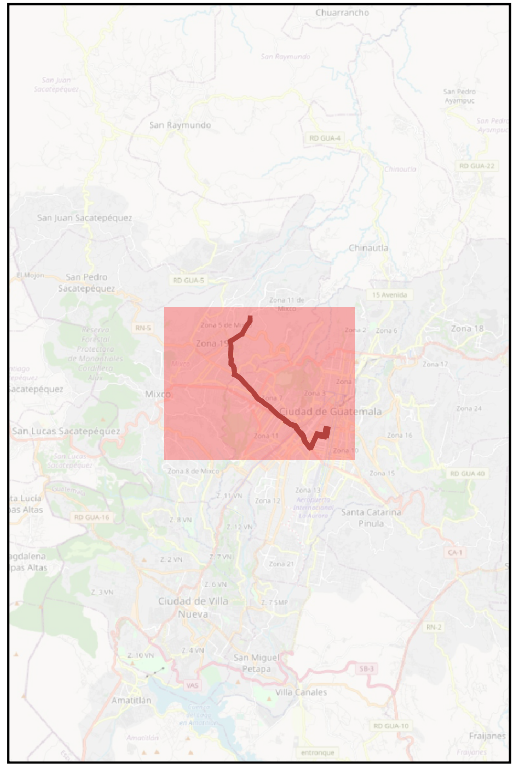
Ruta #75

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #77

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





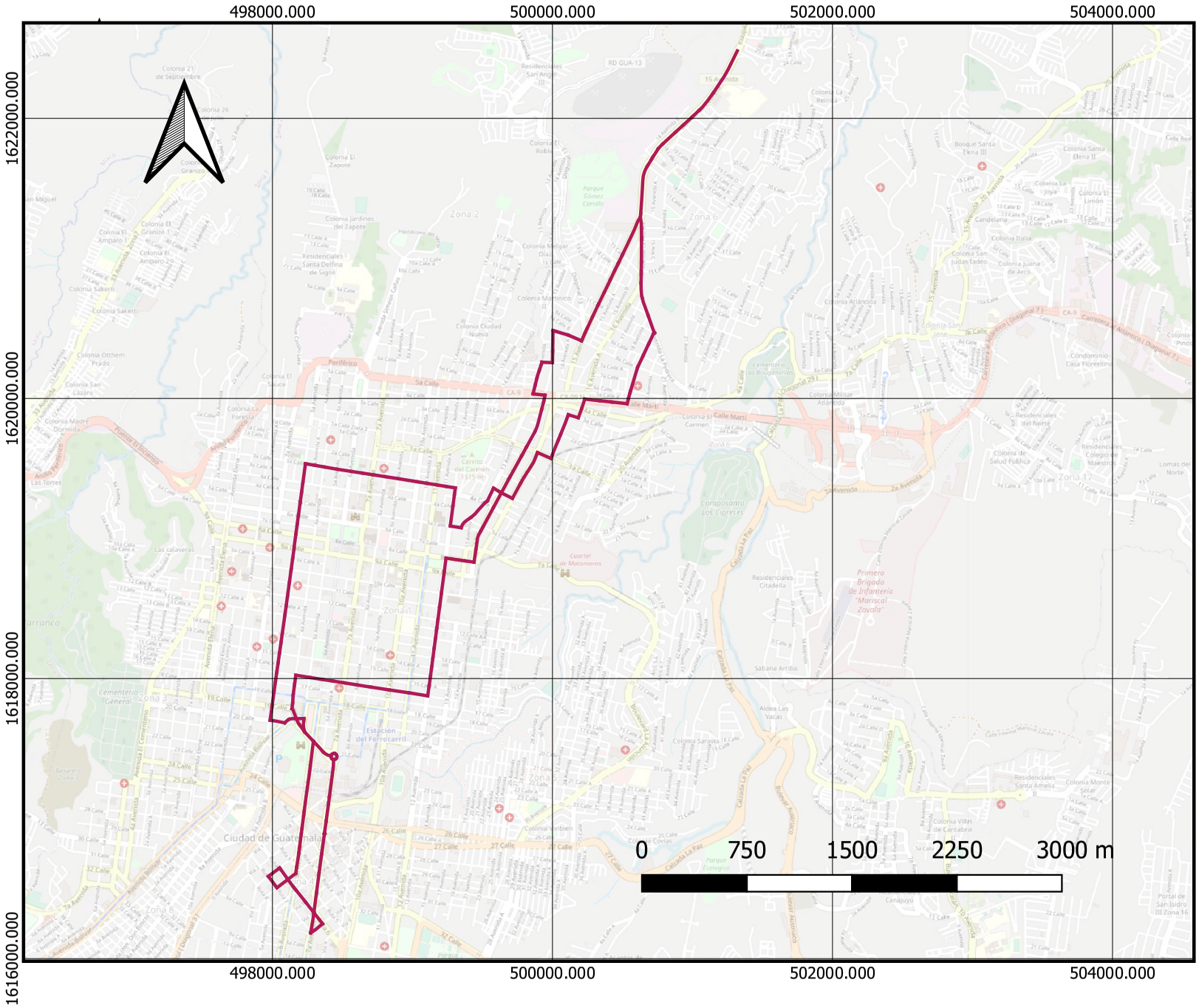
Rutas de Transporte Público

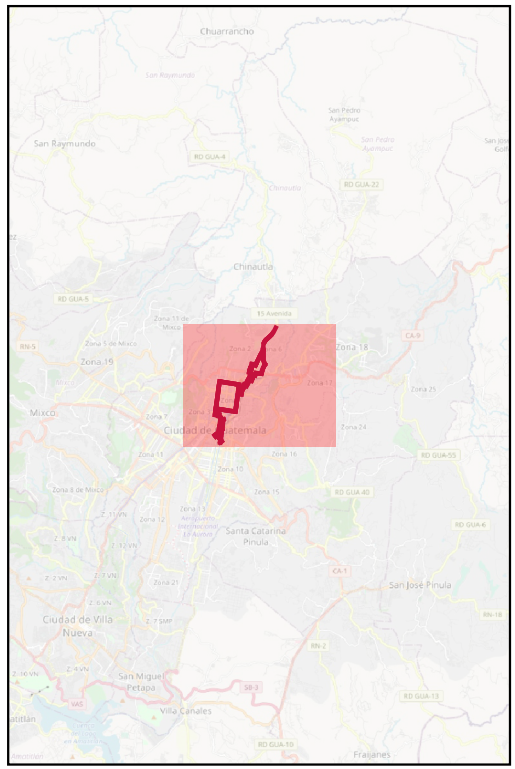
Ruta #77

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #80

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





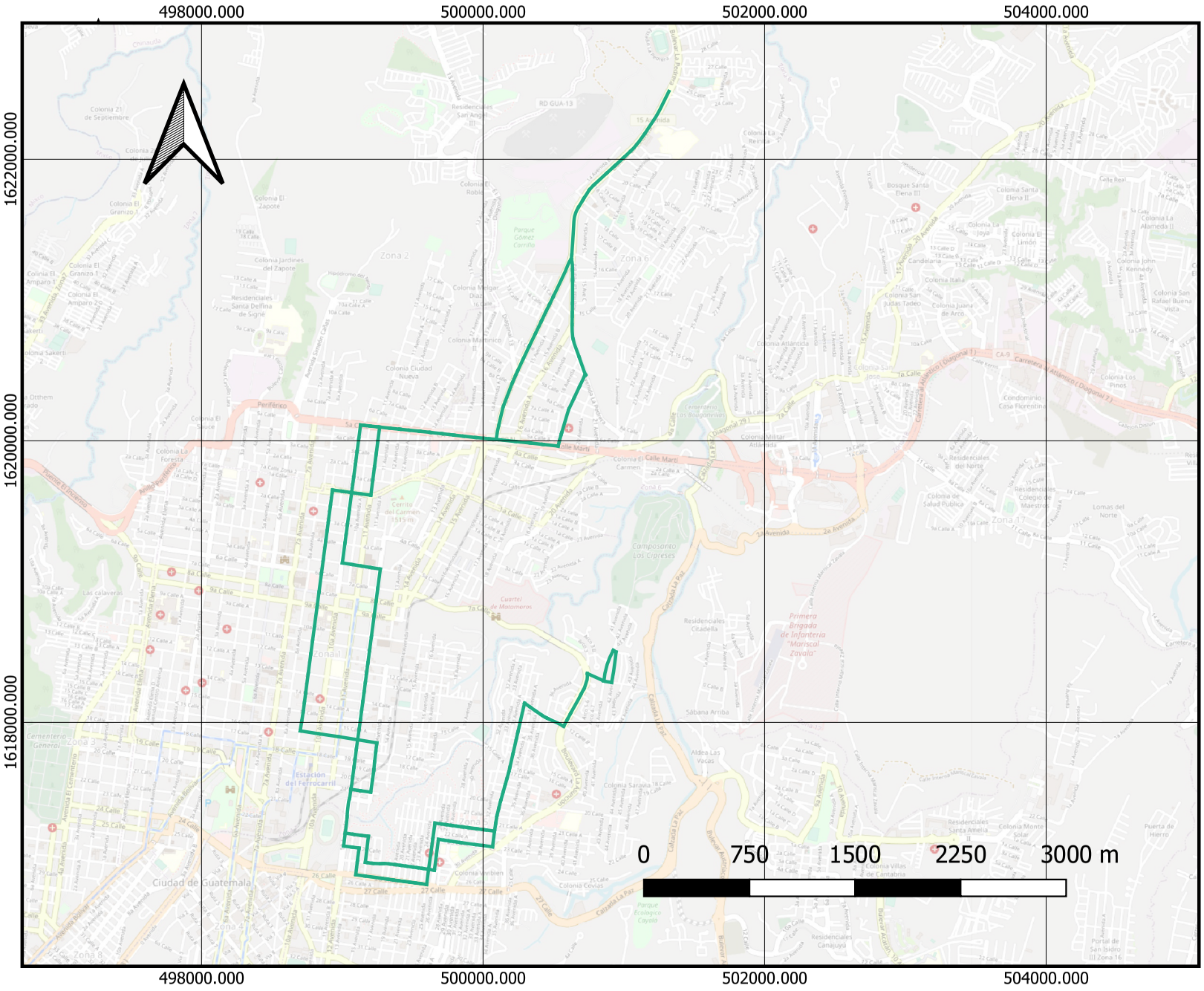
Rutas de Transporte Público

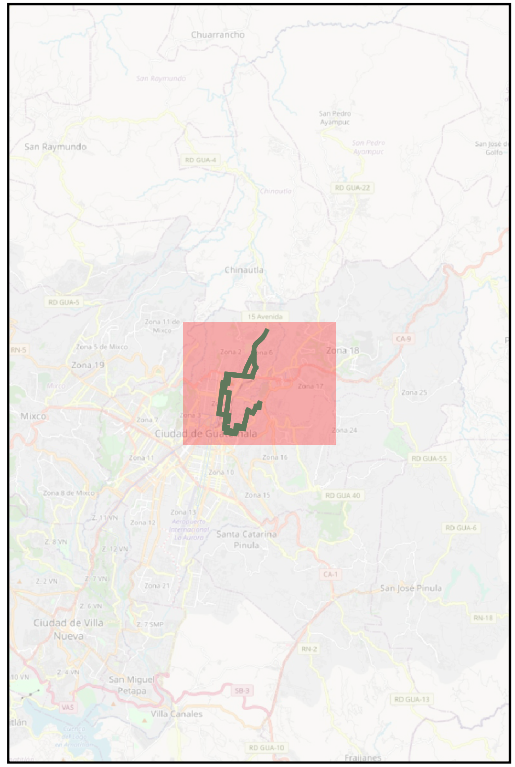
Ruta #80

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #81

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





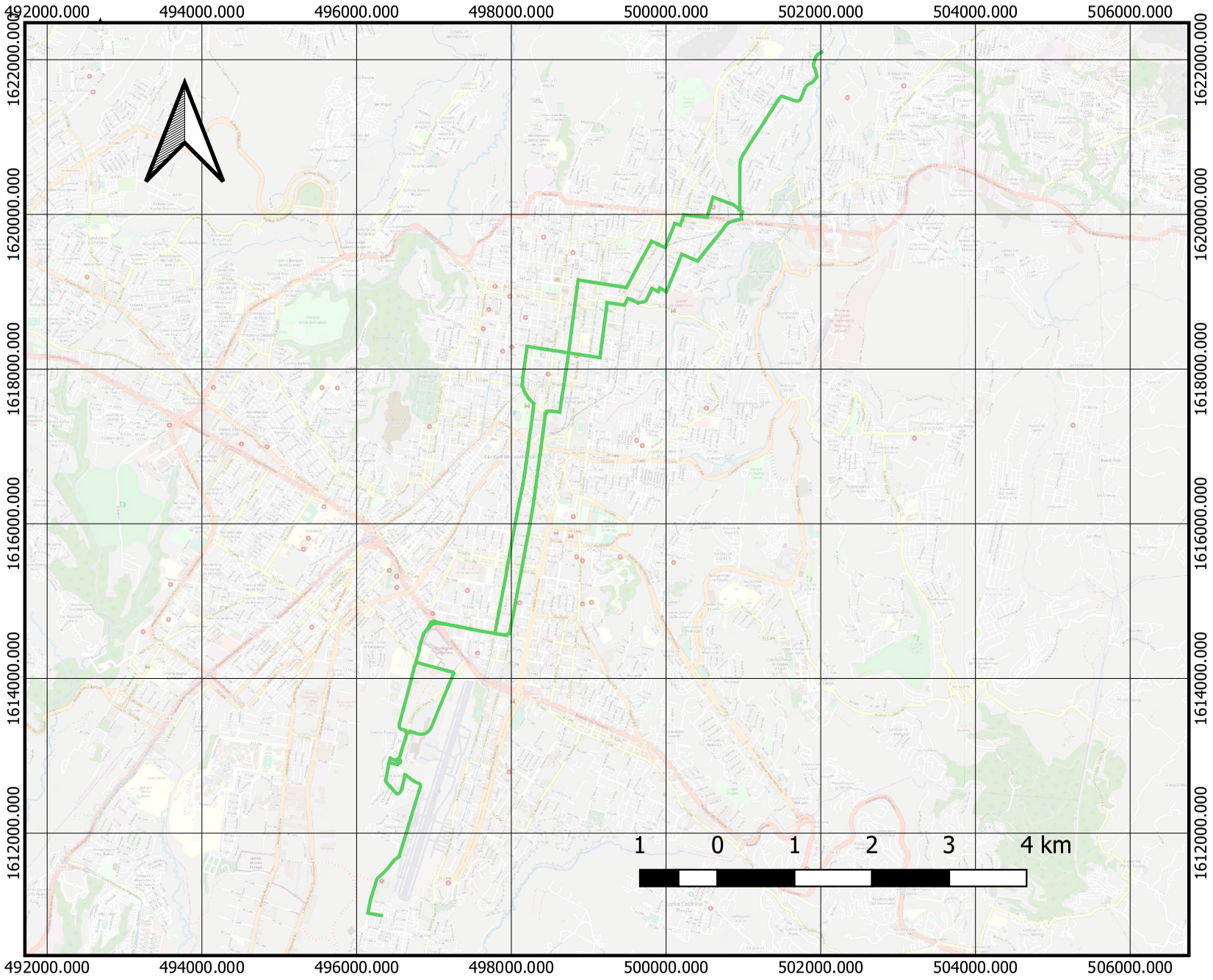
Rutas de Transporte Público

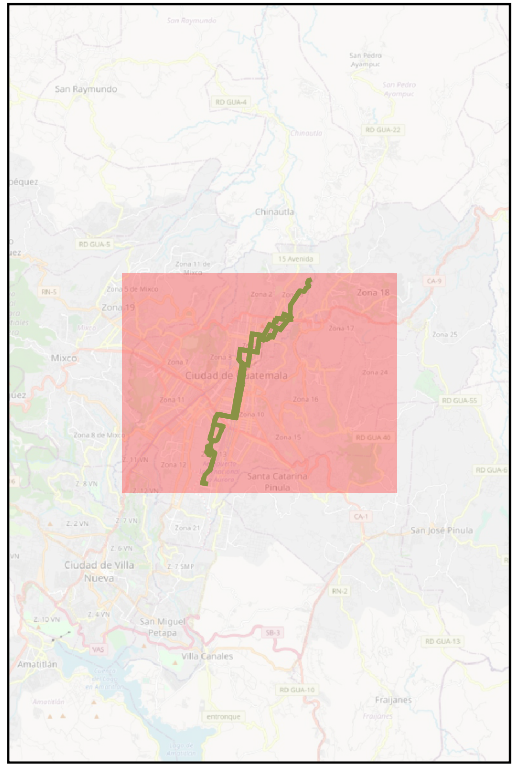
Ruta #81

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #83

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





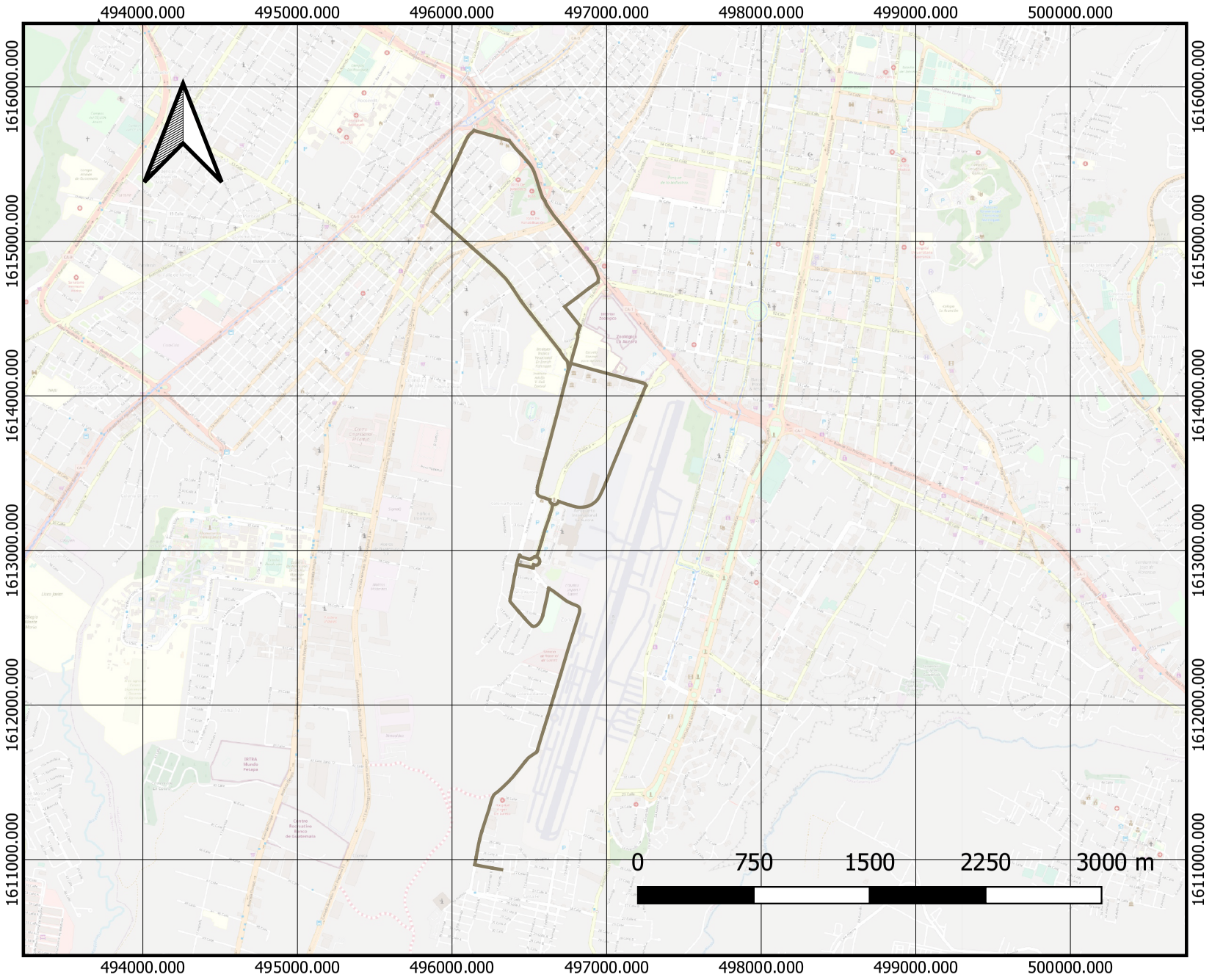
Rutas de Transporte Público

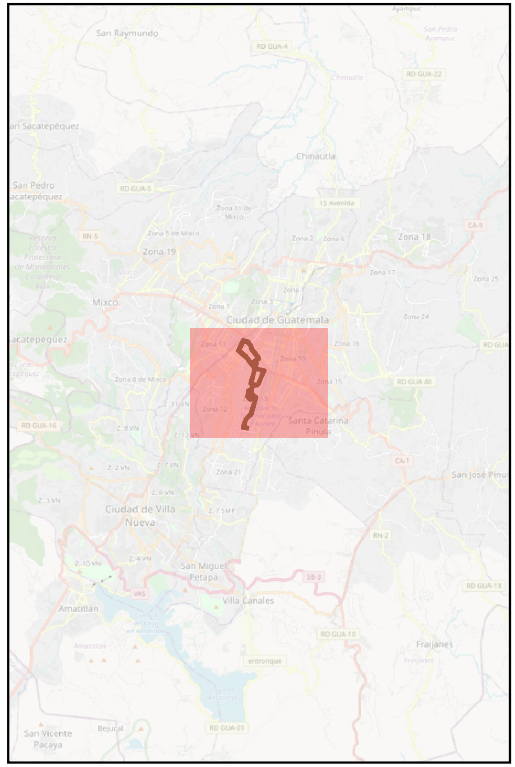
Ruta #83

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #84

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





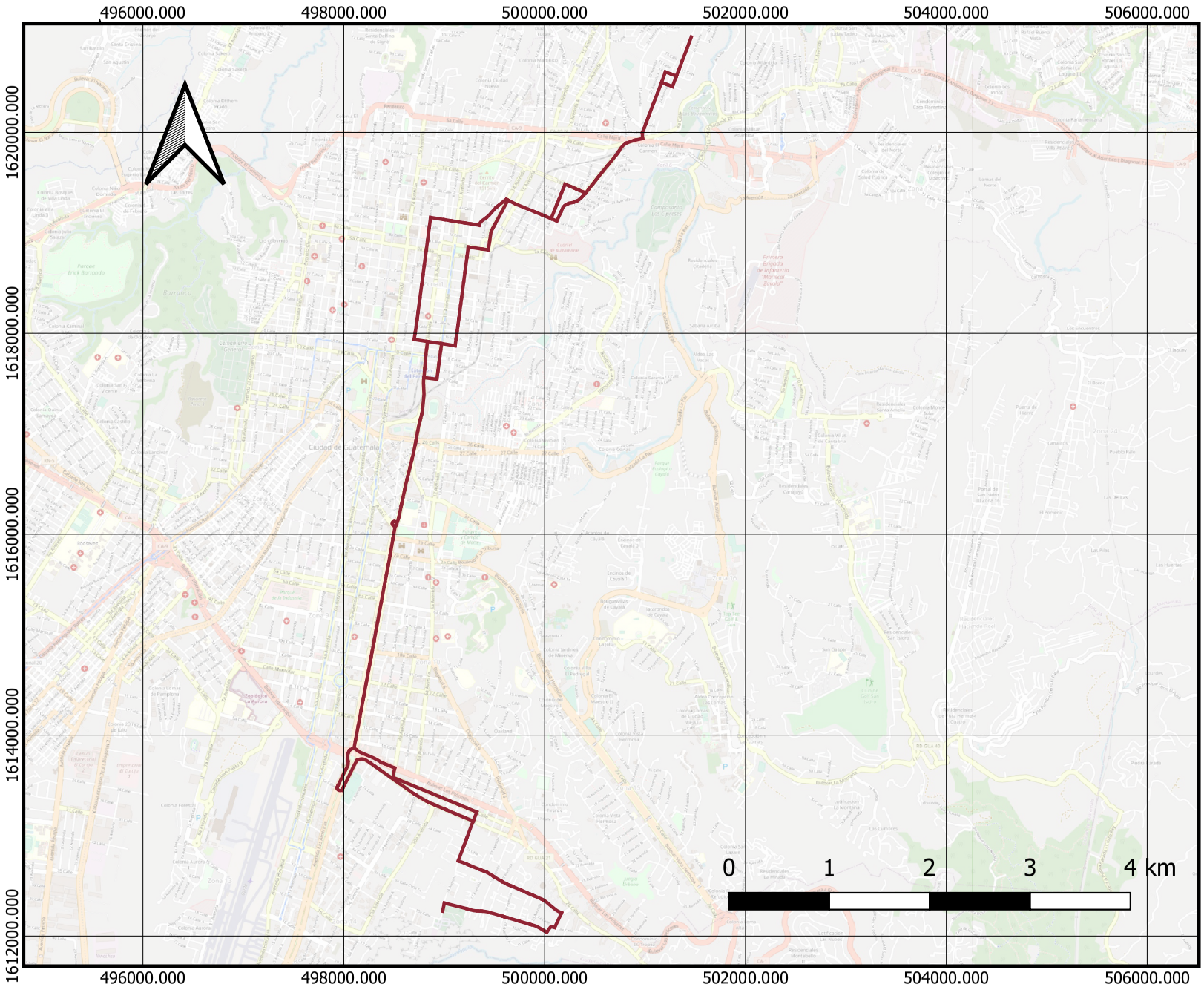
Rutas de Transporte Público

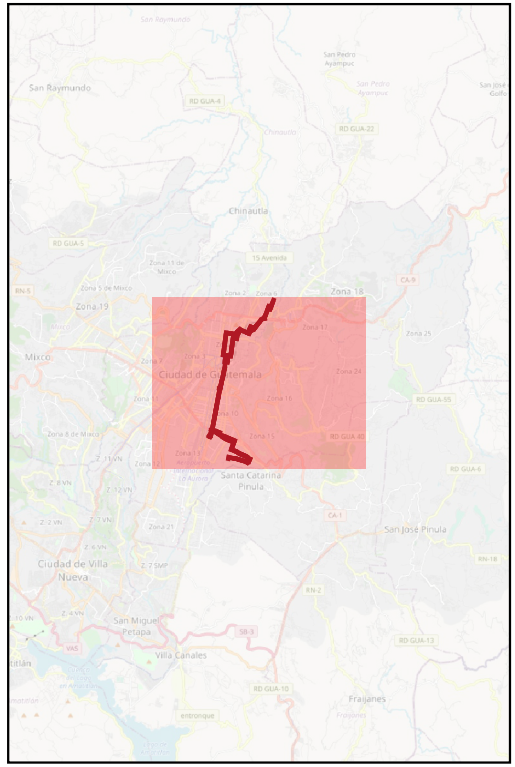
Ruta #84

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #85

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





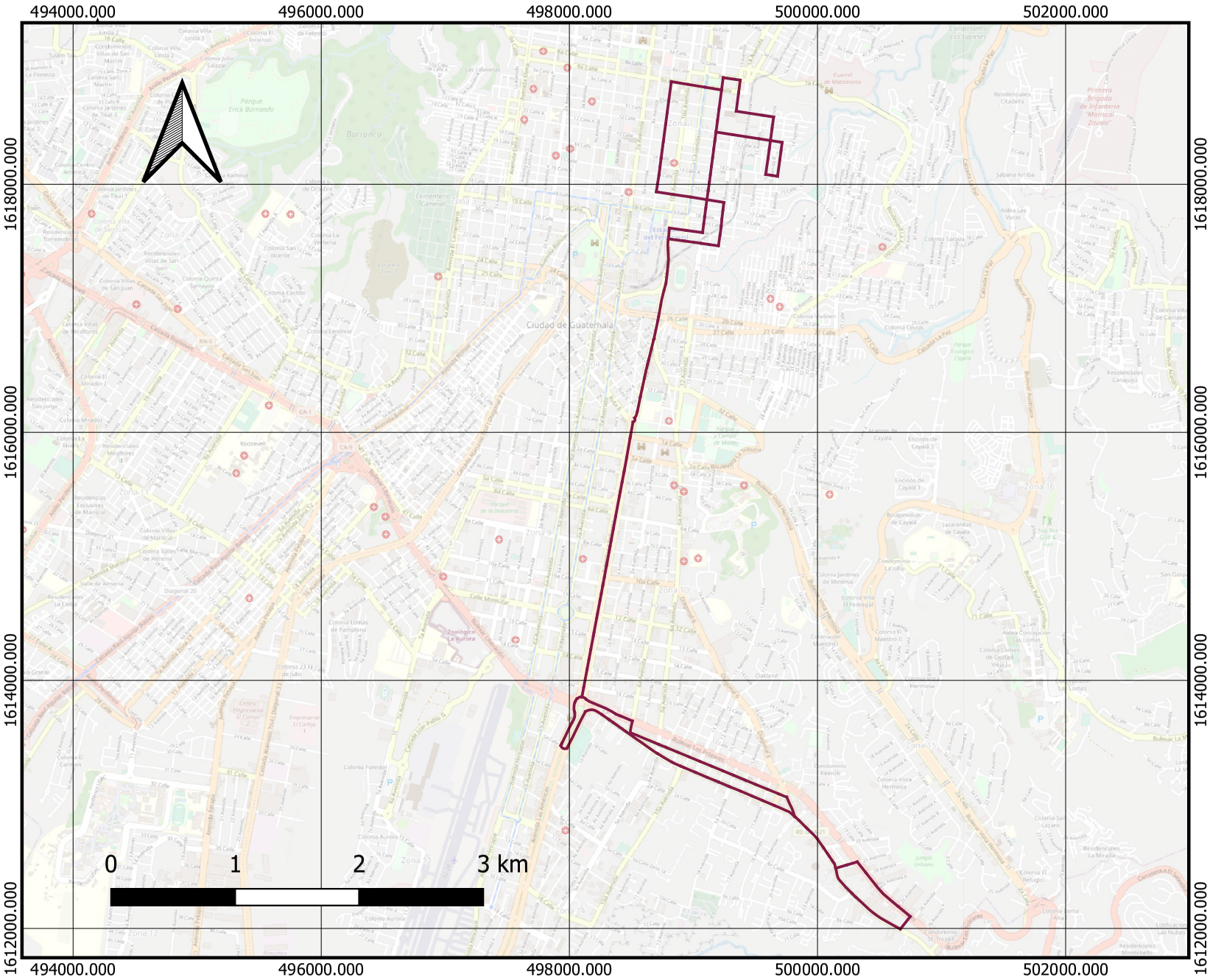
Rutas de Transporte Público

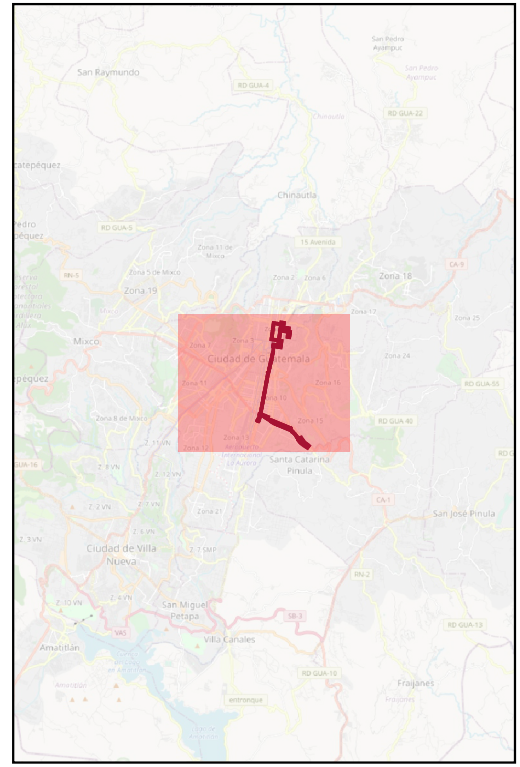
Ruta #85

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #101

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





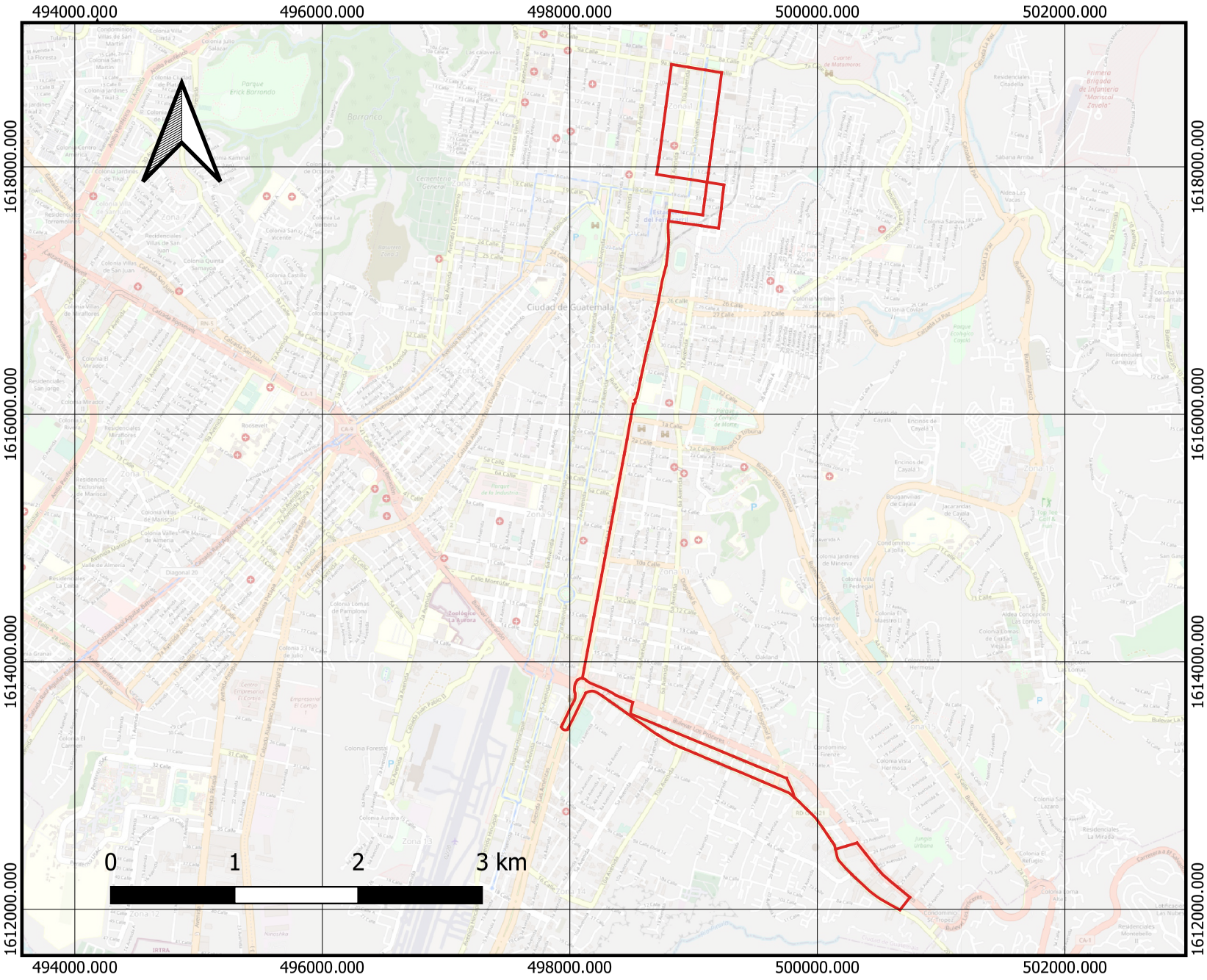
Rutas de Transporte Público

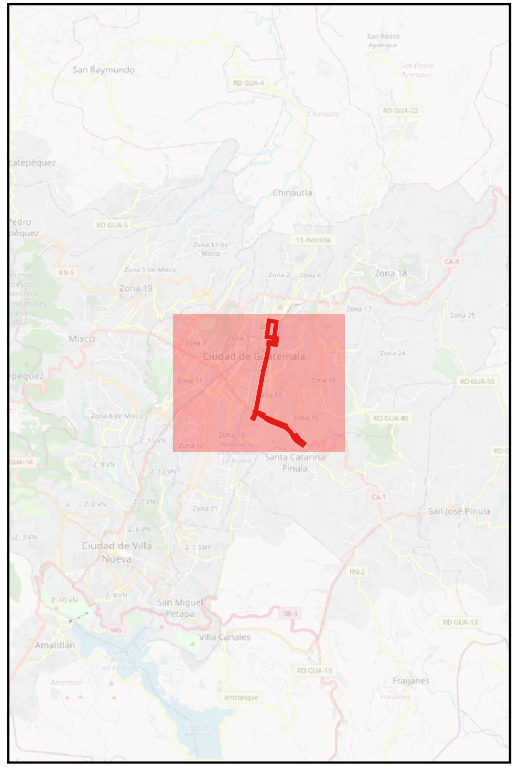
Ruta #101

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #101A

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





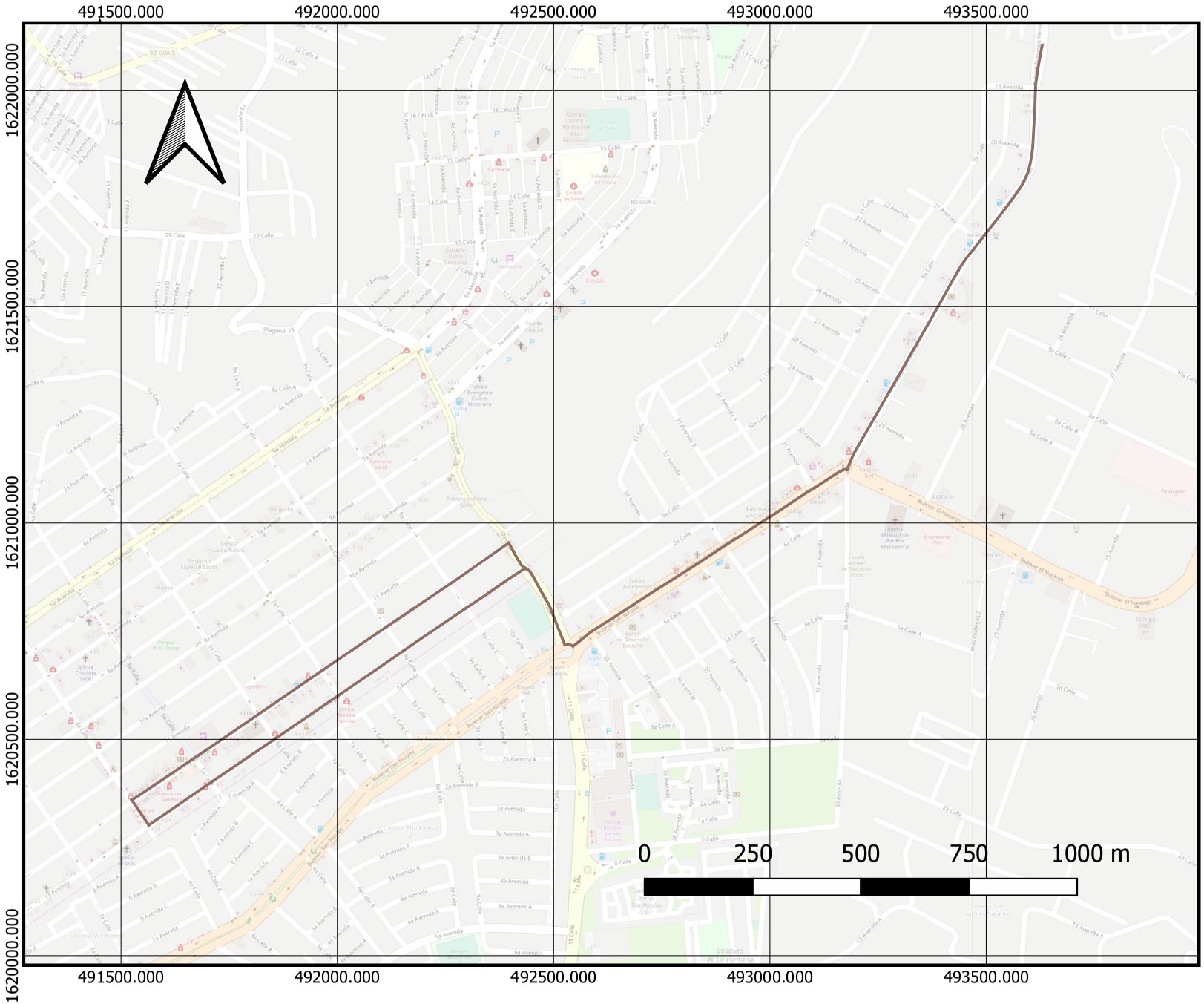
Rutas de Transporte Público

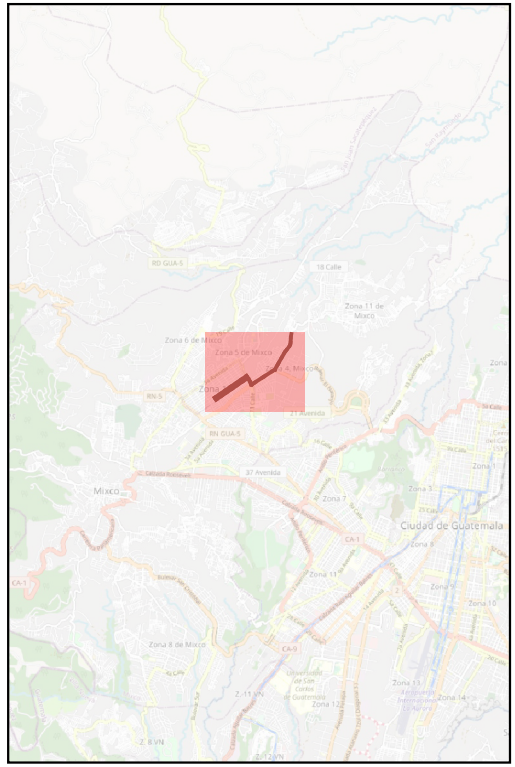
Ruta #101A

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #105

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





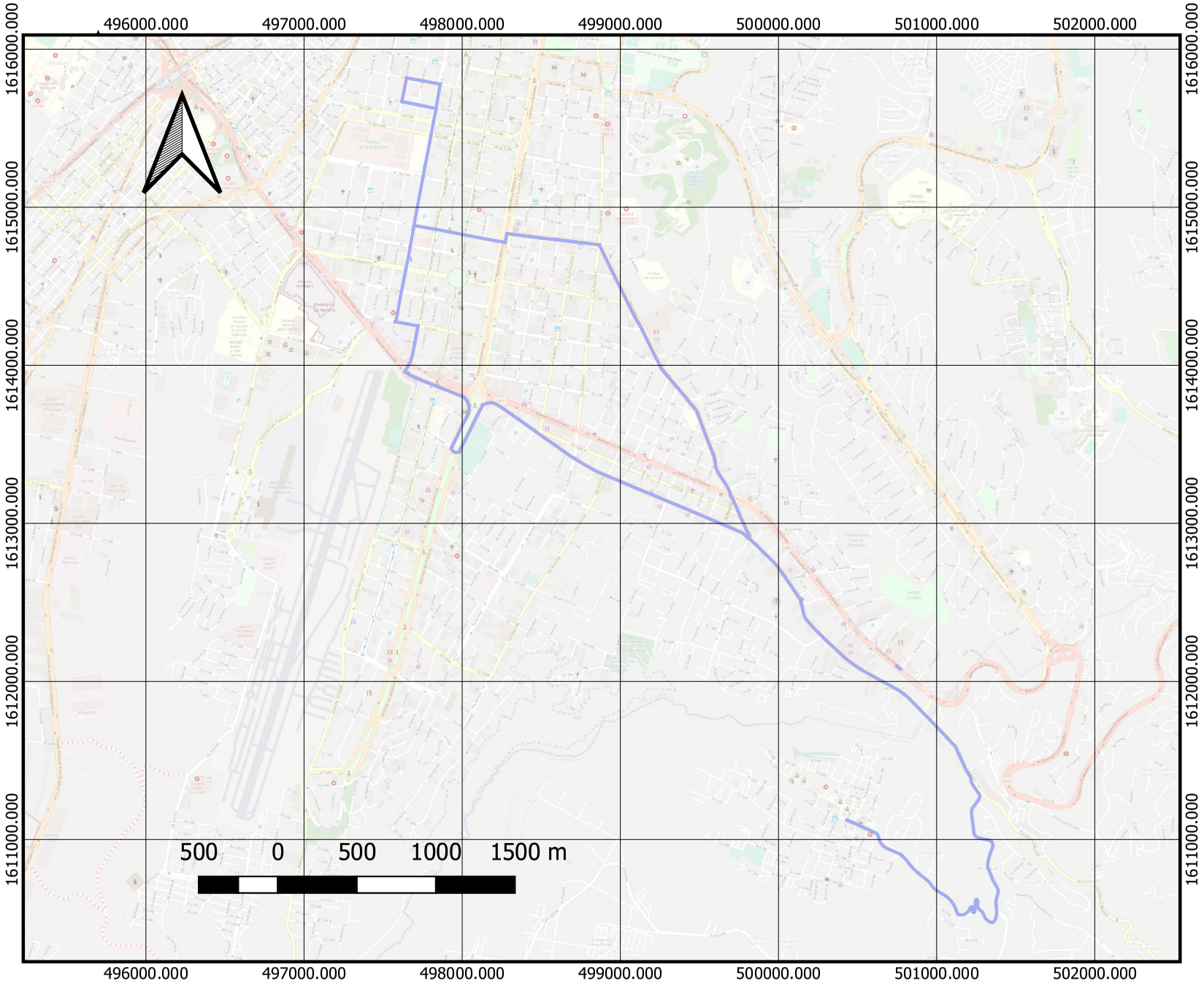
Rutas de Transporte Público

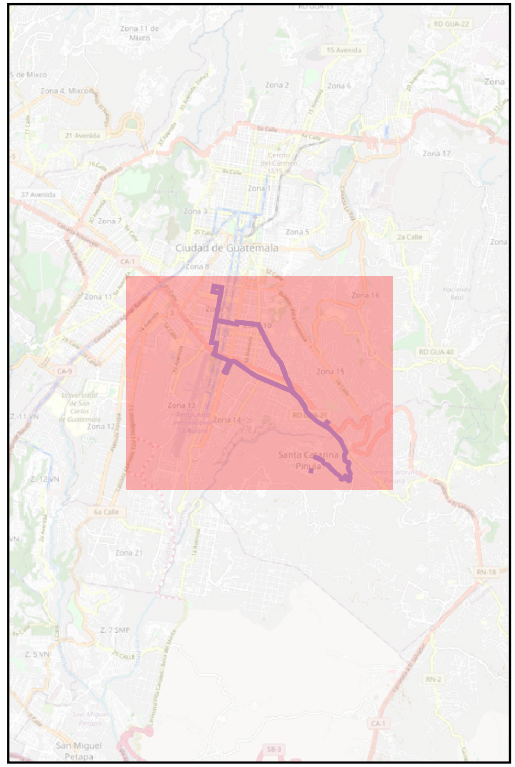
Ruta #105

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #110

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





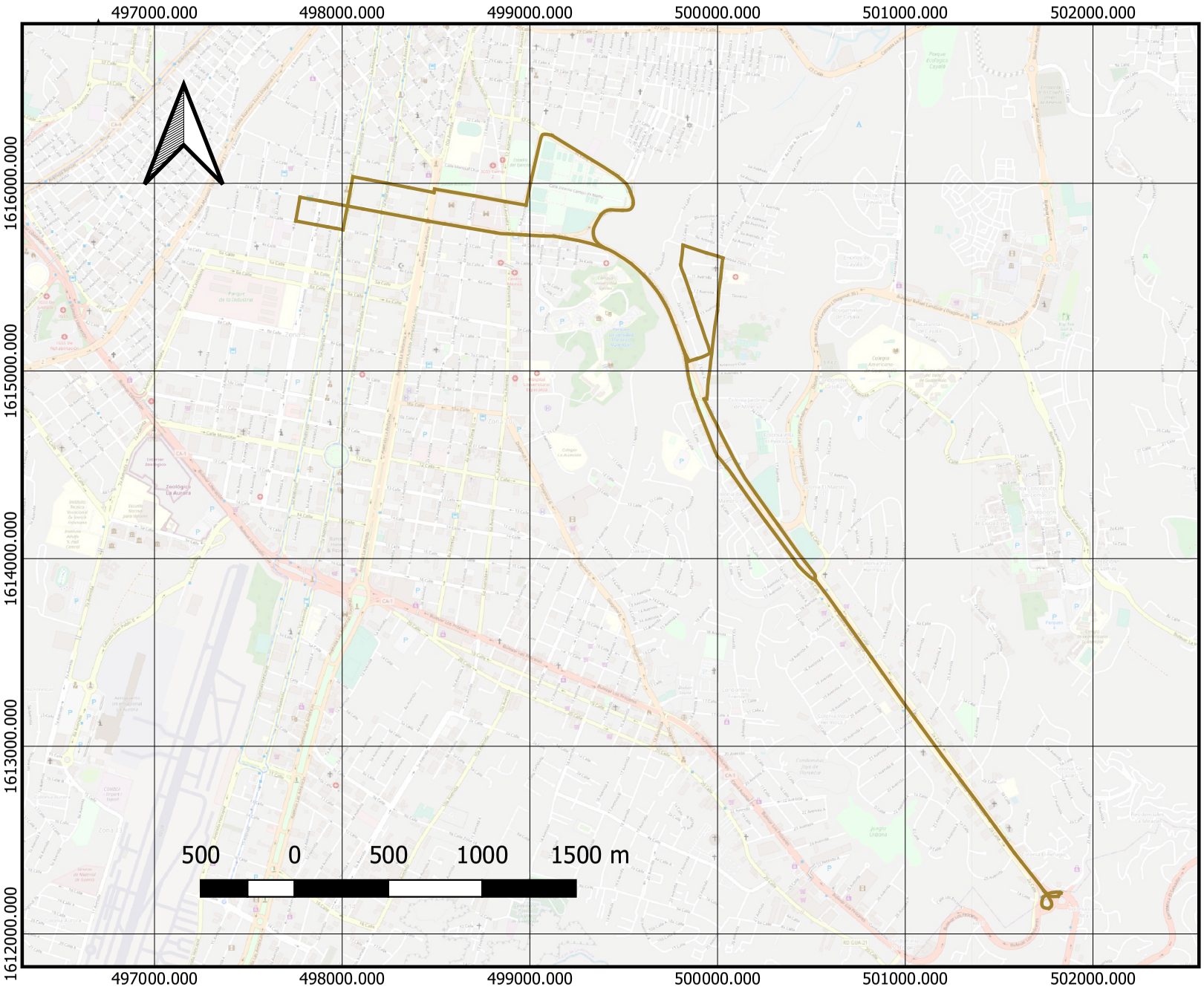
Rutas de Transporte Público

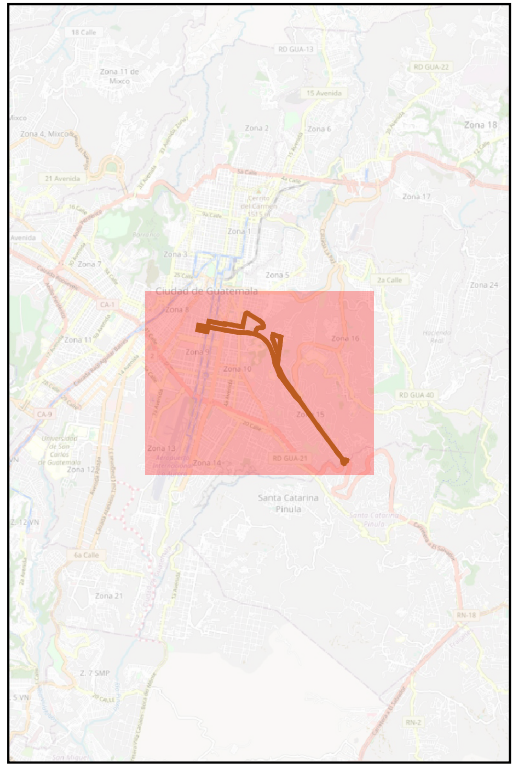
Ruta #110

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #113

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





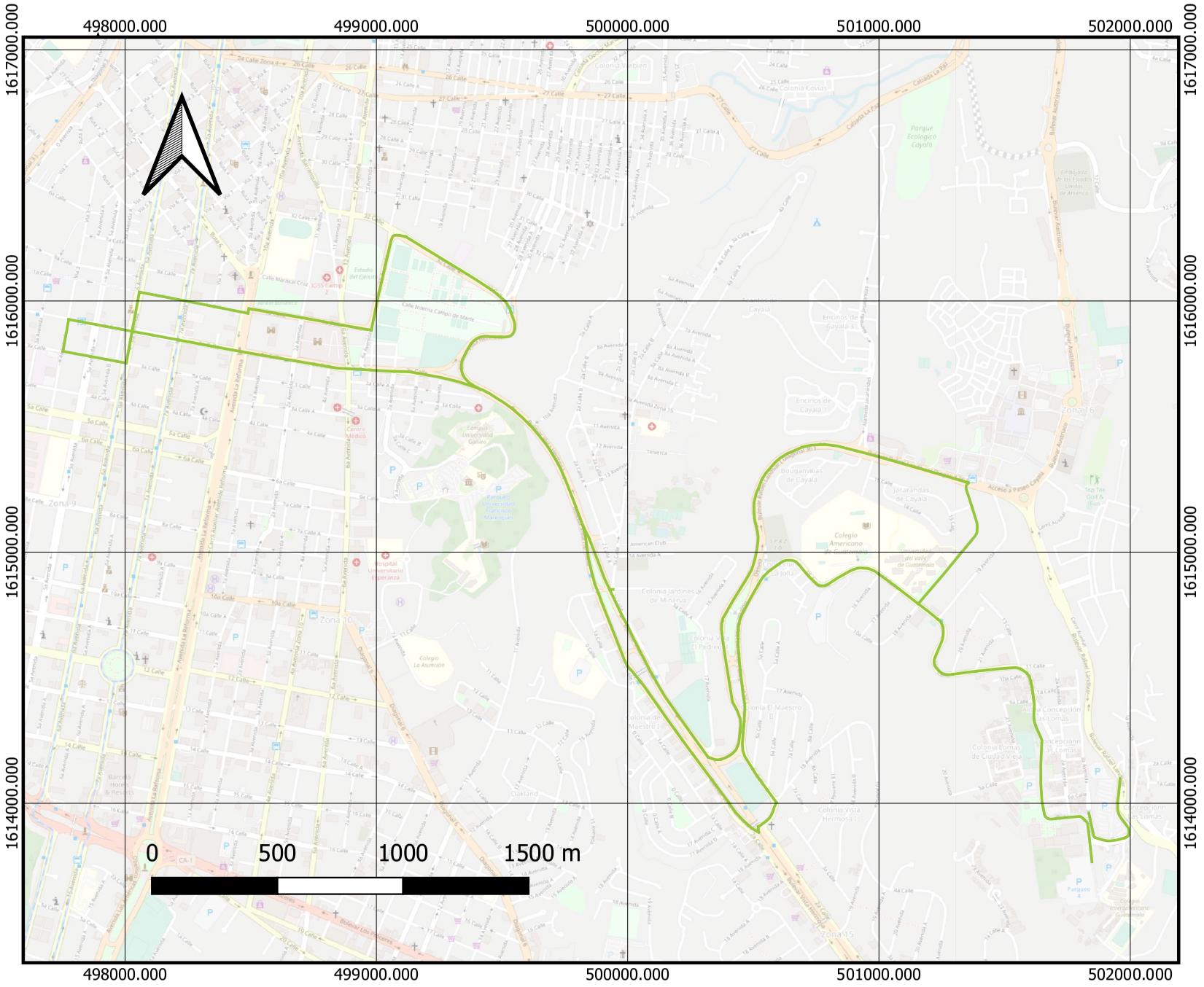
Rutas de Transporte Público

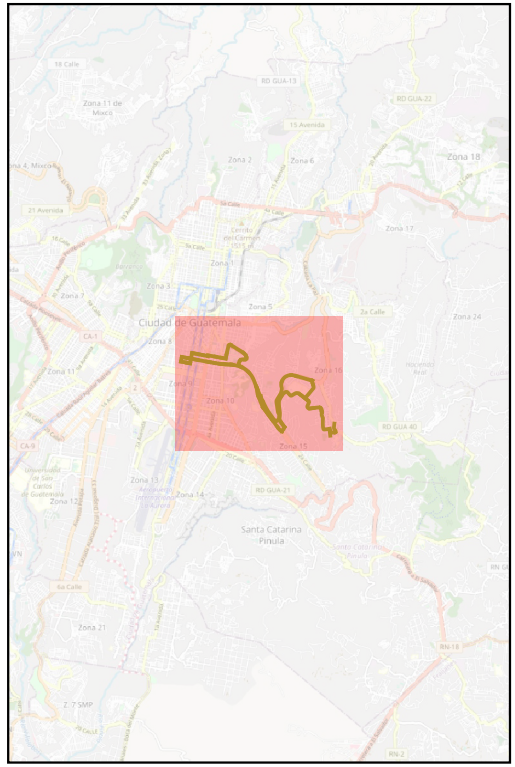
Ruta #113

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #114

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





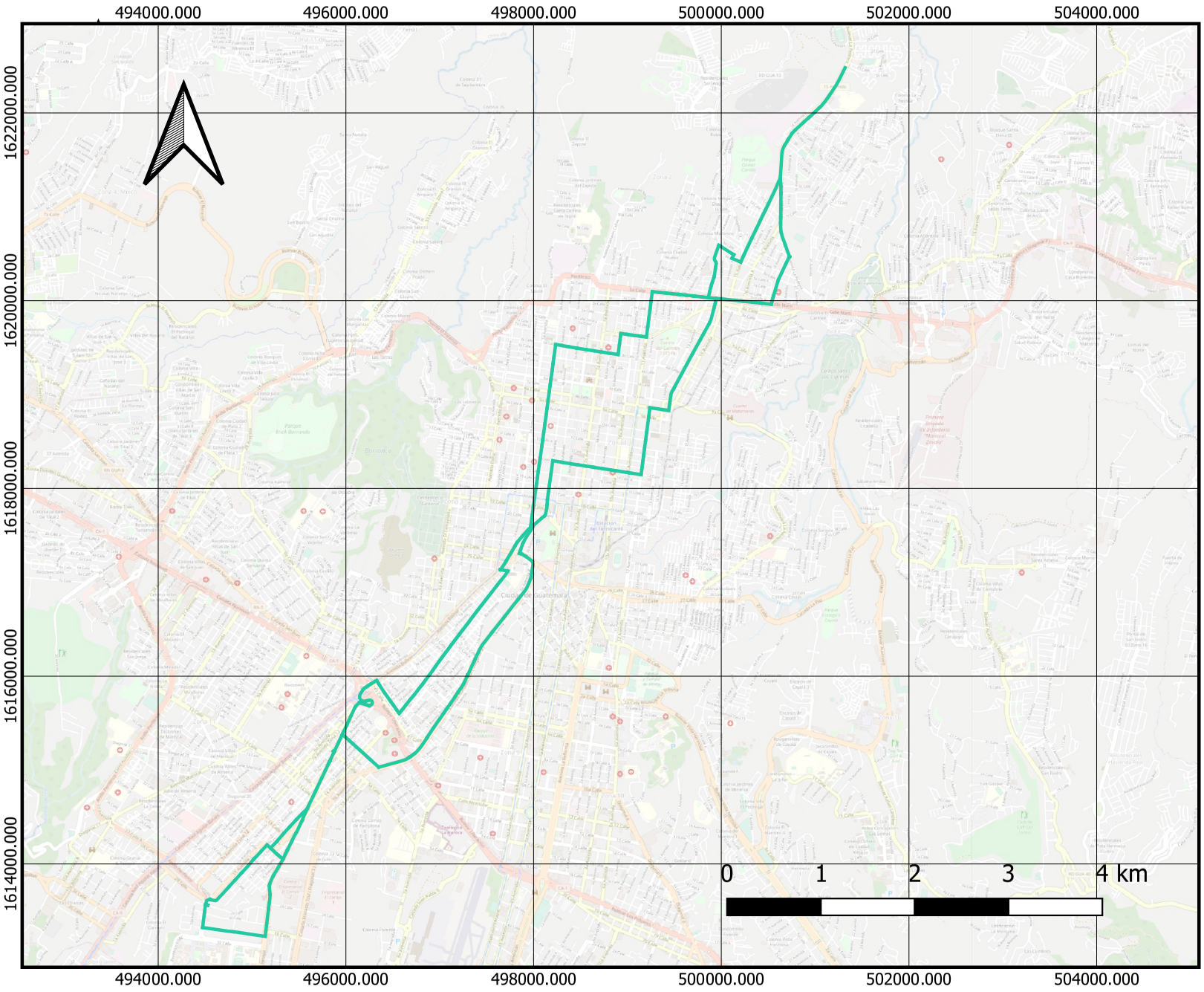
Rutas de Transporte Público

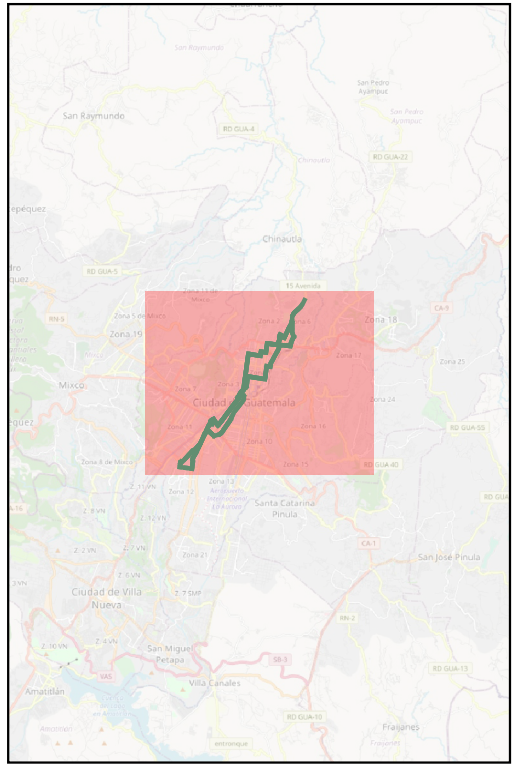
Ruta #114

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #201

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





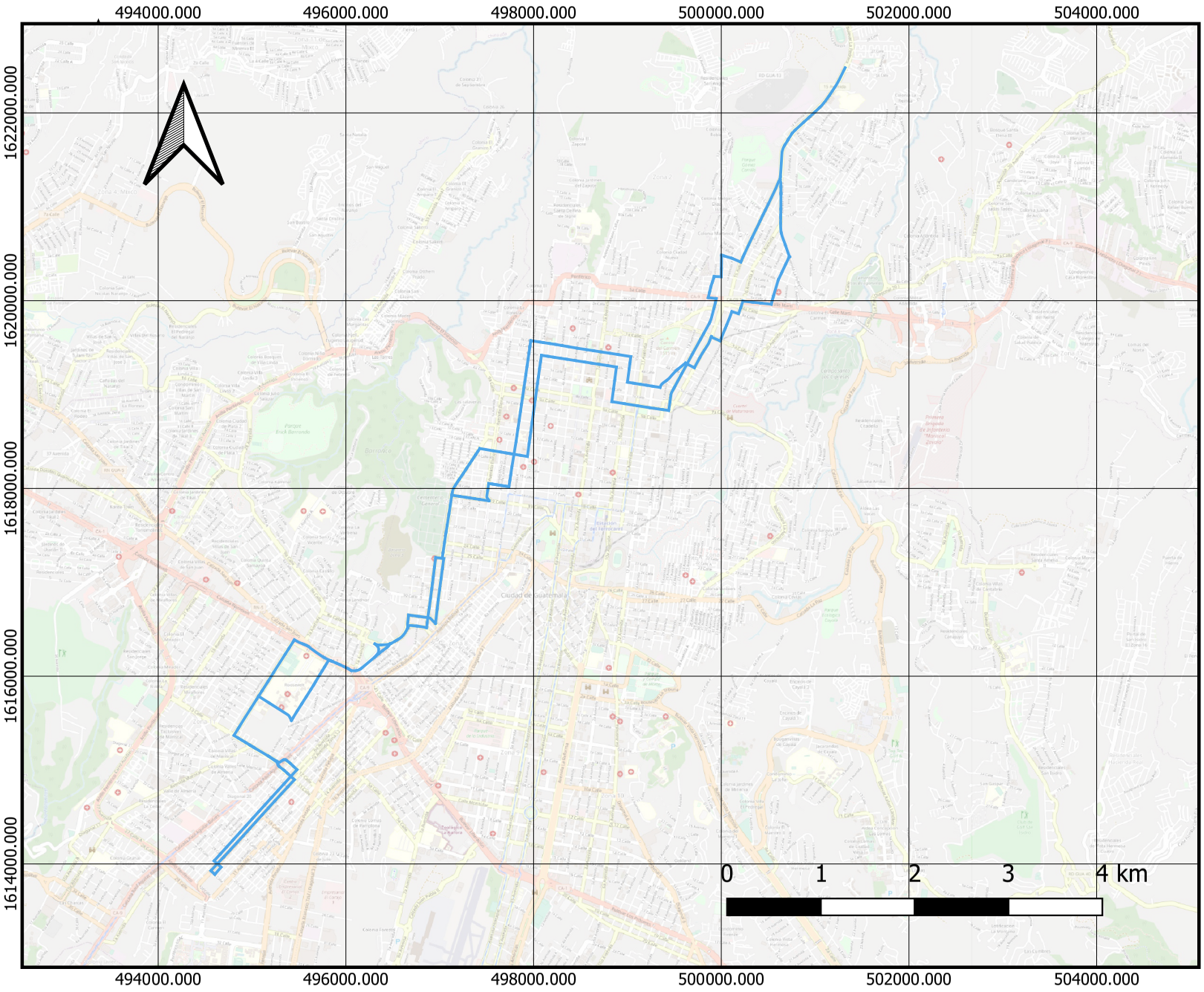
Rutas de Transporte Público

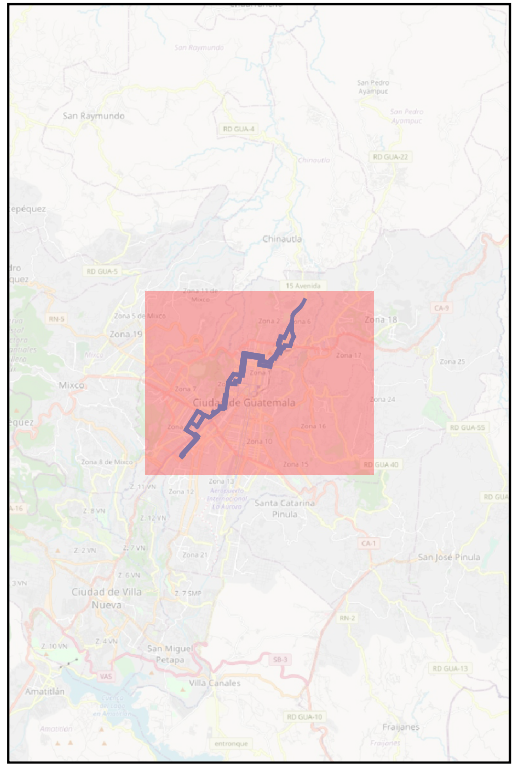
Ruta #201

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #202

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





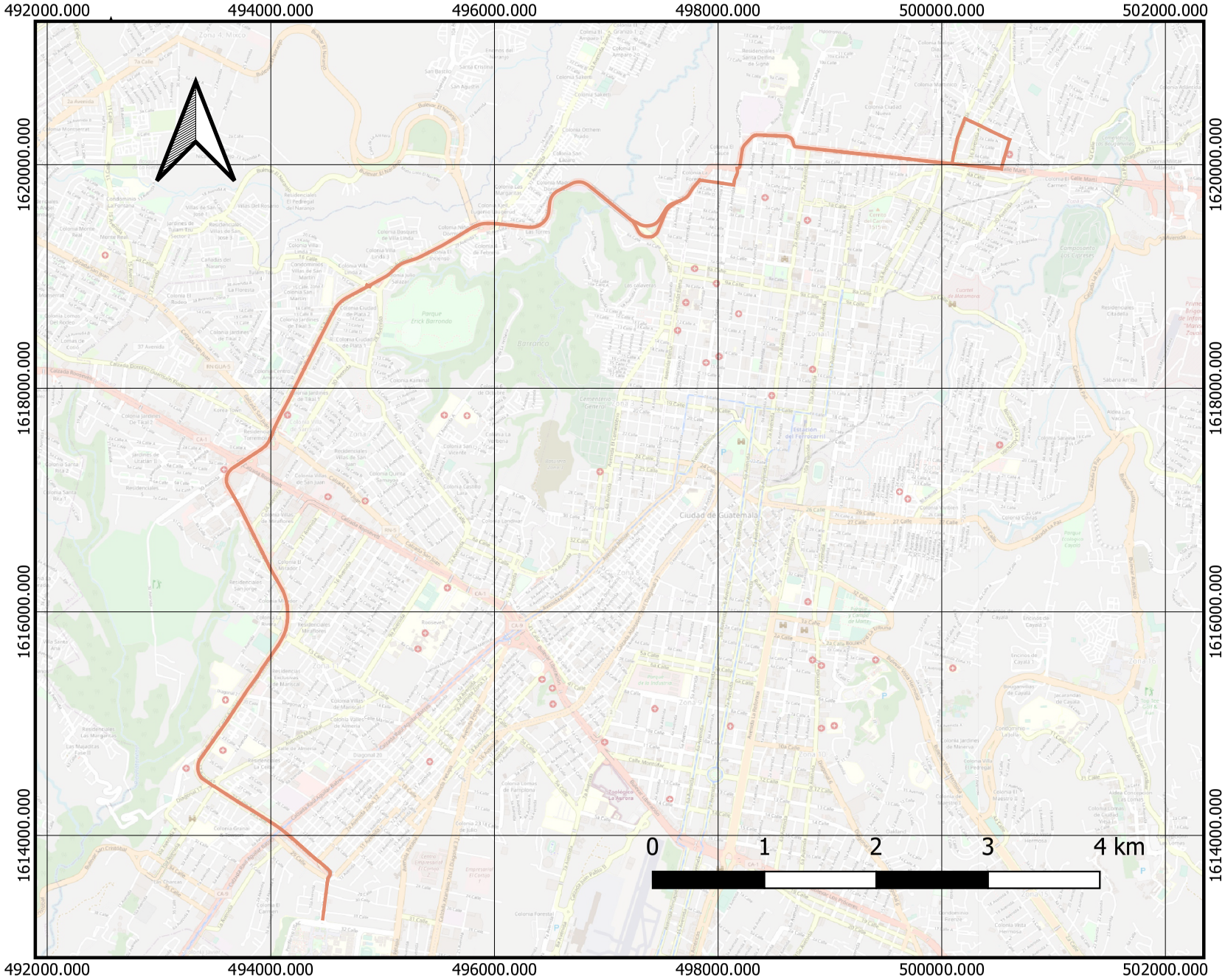
Rutas de Transporte Público

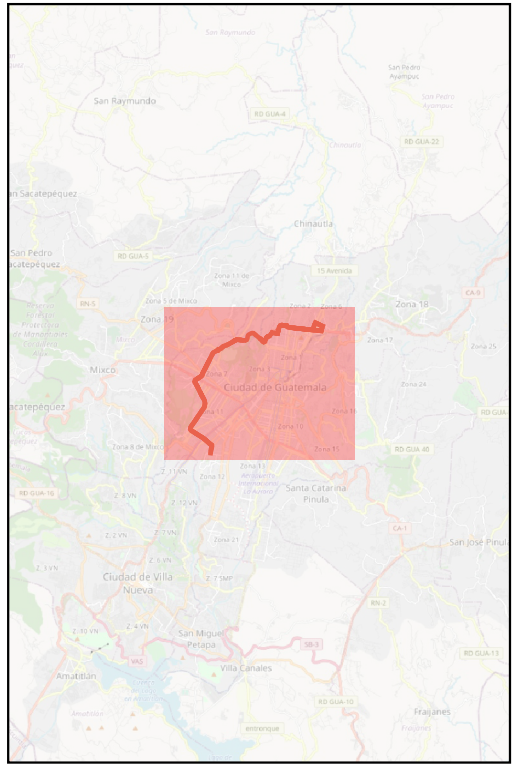
Ruta #202

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #203

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





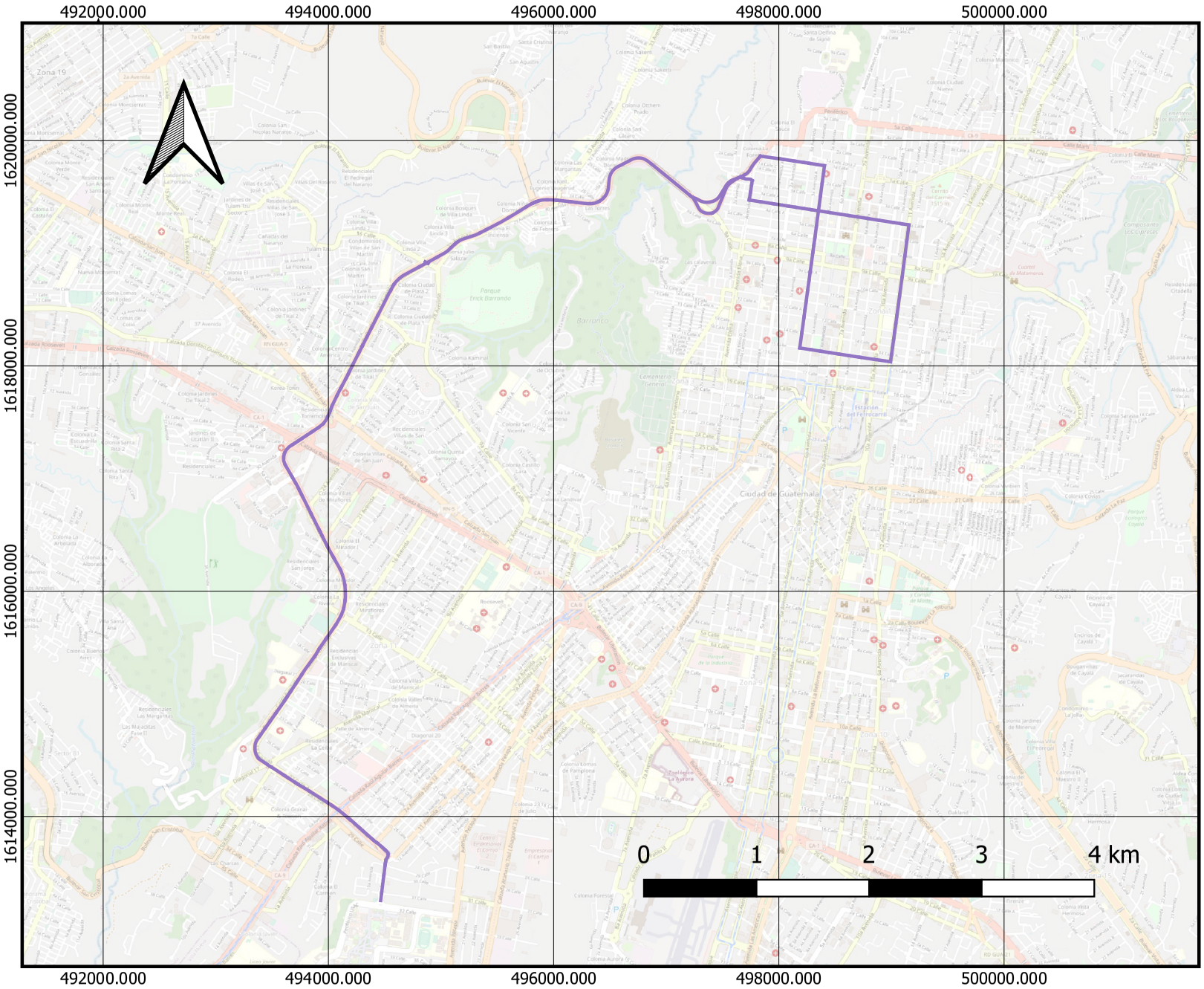
Rutas de Transporte Público

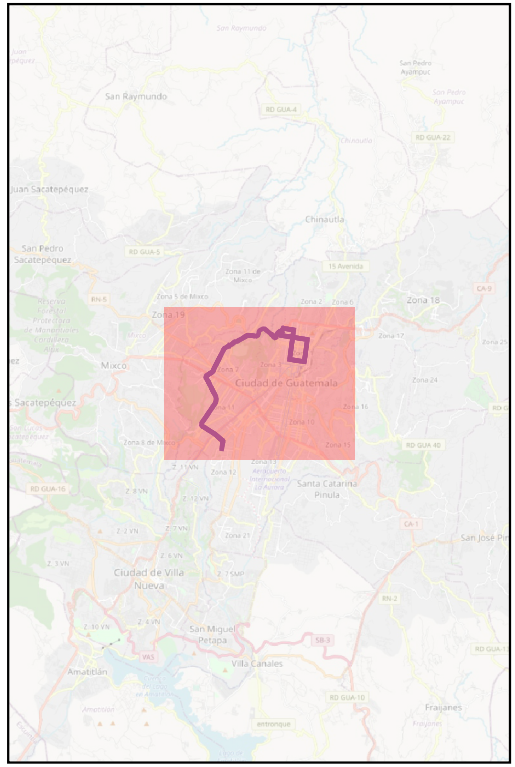
Ruta #203

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #204

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





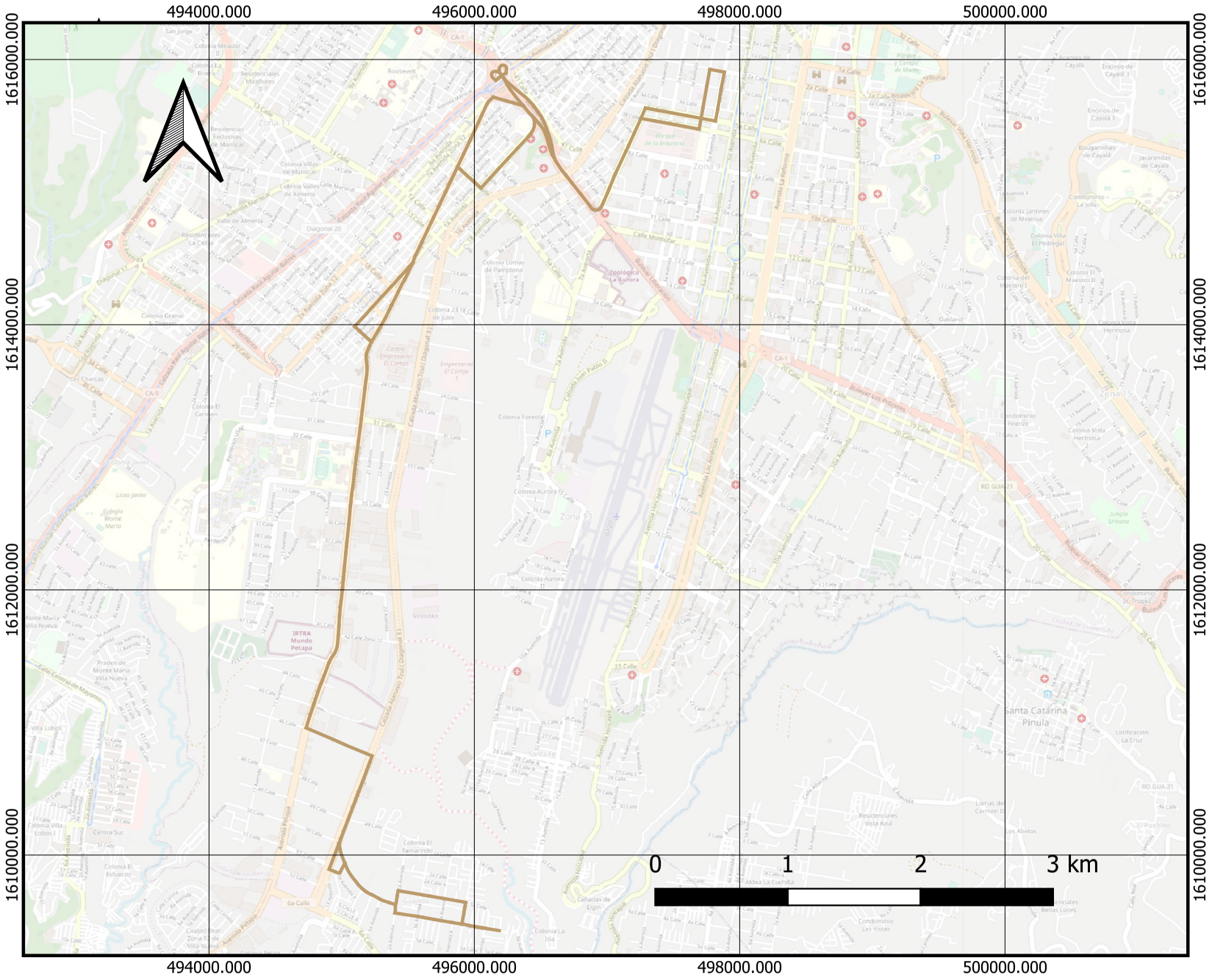
Rutas de Transporte Público

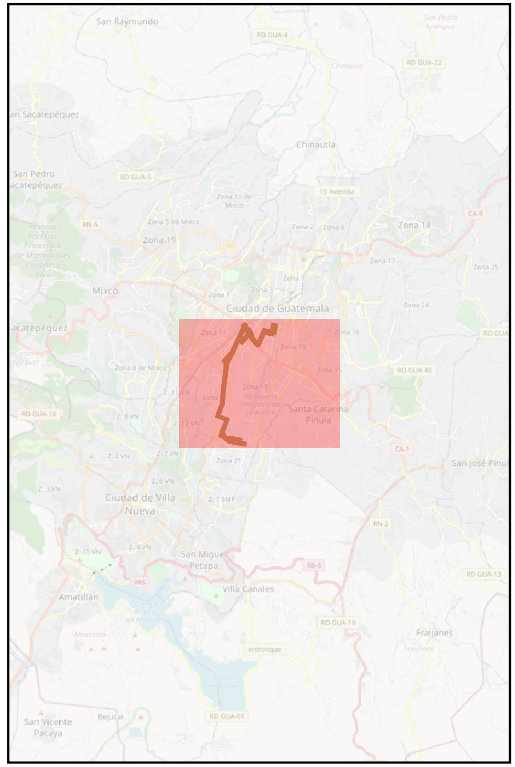
Ruta #204

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #281

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





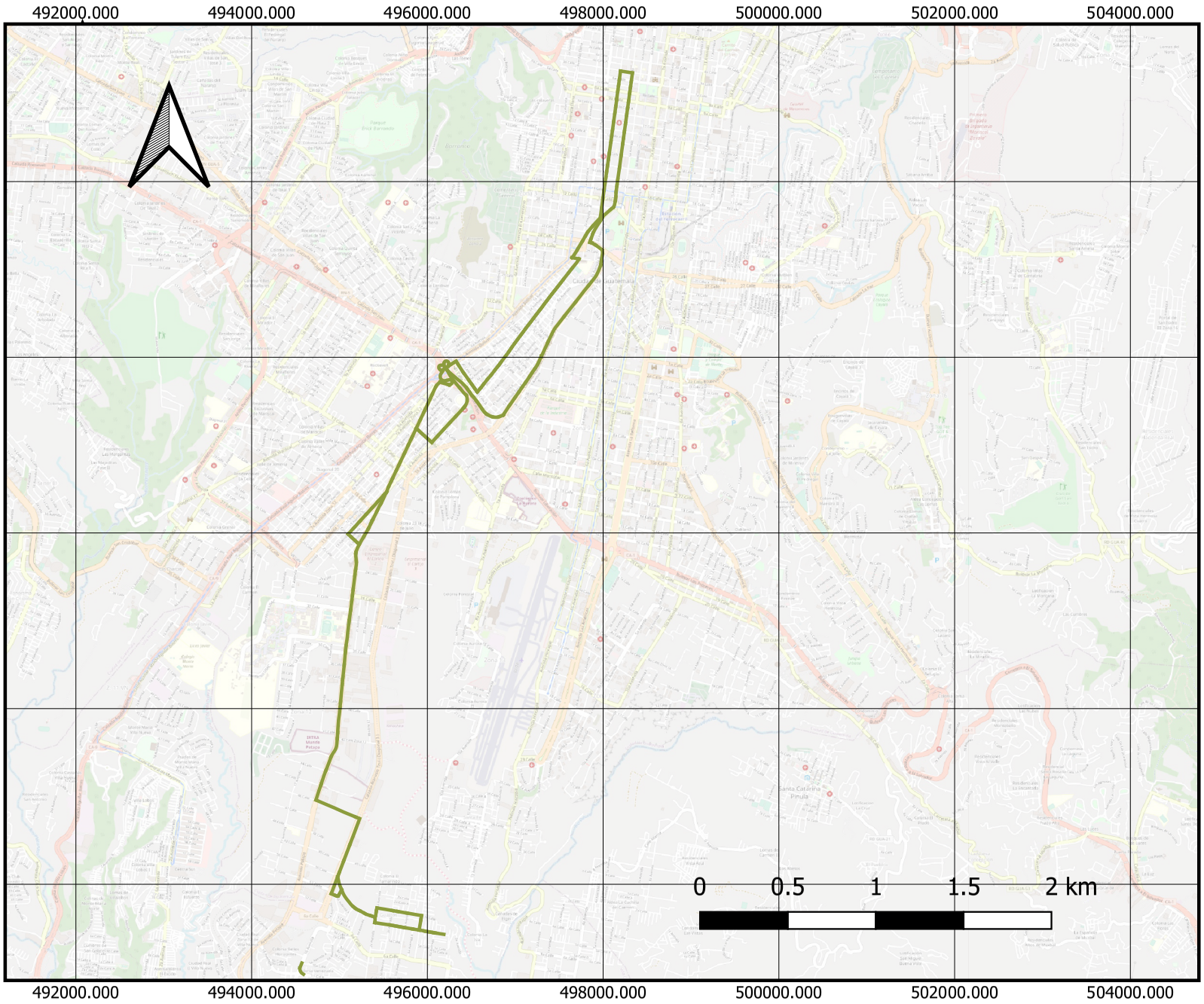
Rutas de Transporte Público

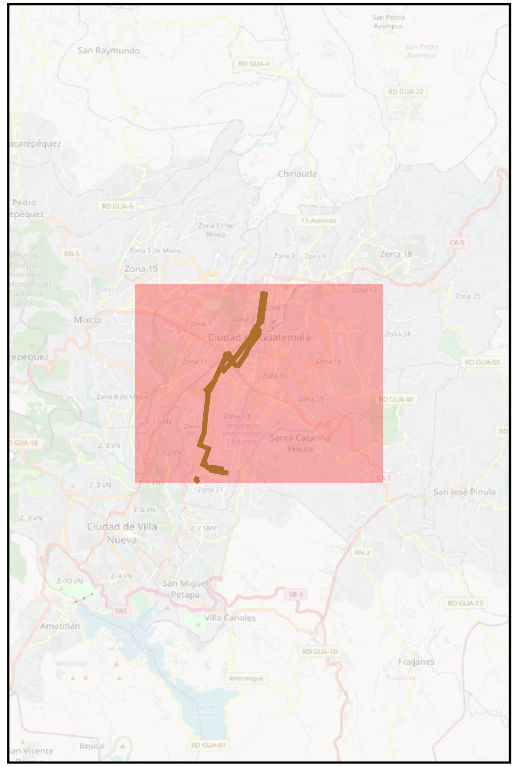
Ruta #281

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #282

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





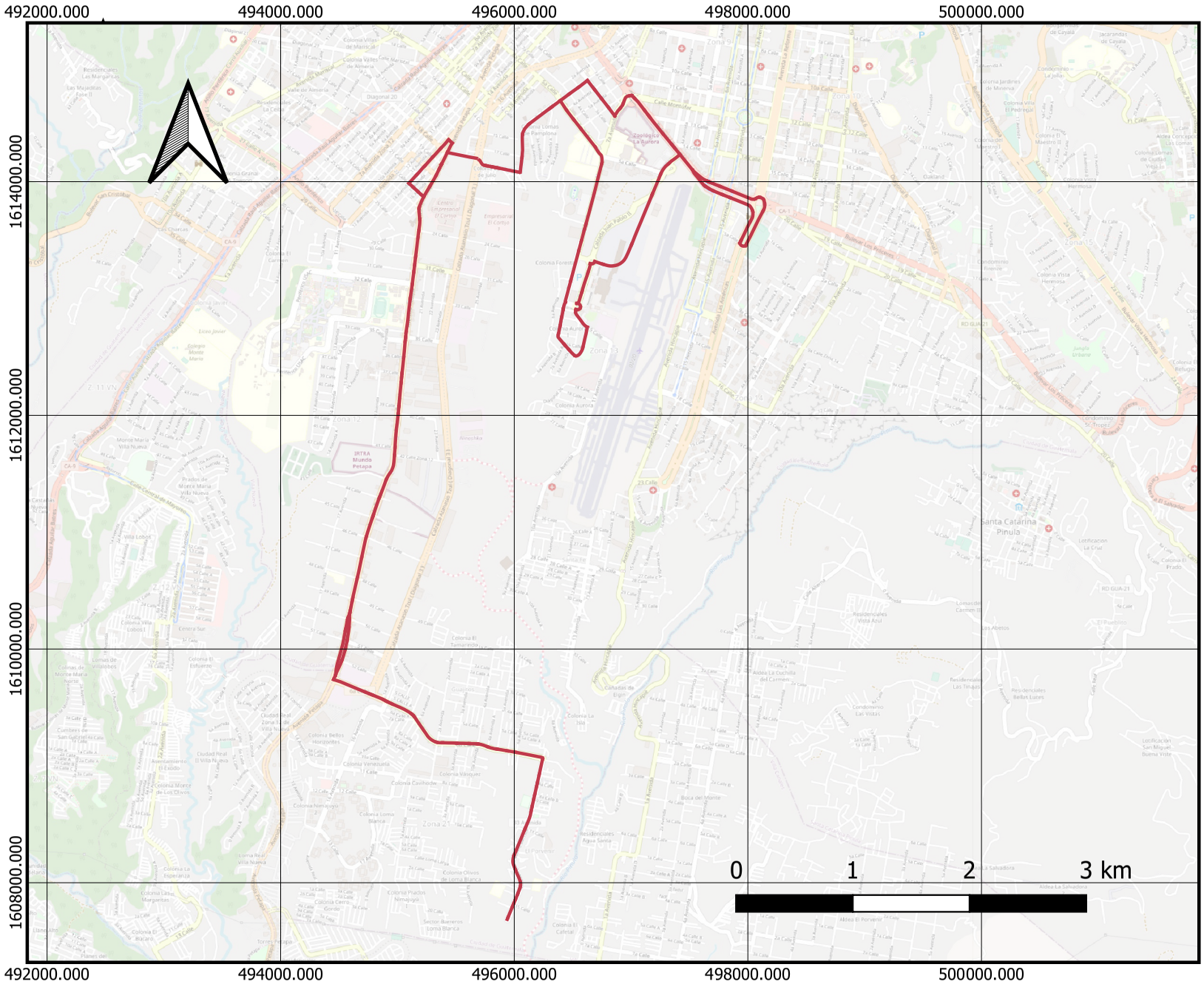
Rutas de Transporte Público

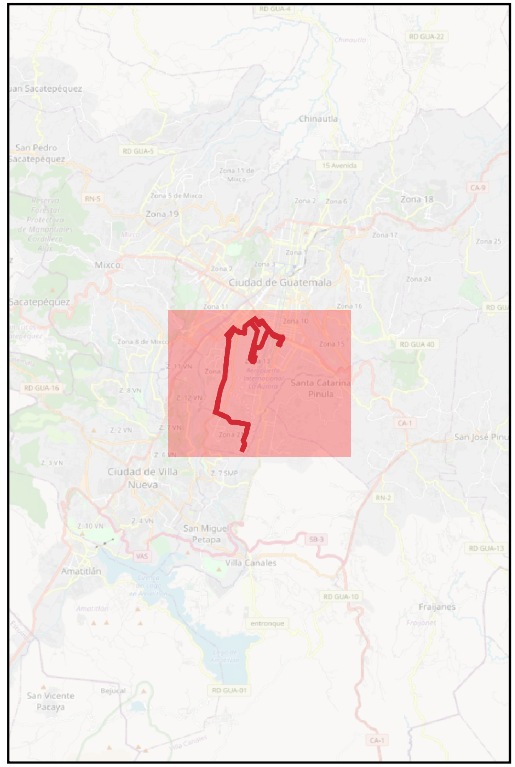
Ruta #282

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #283

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





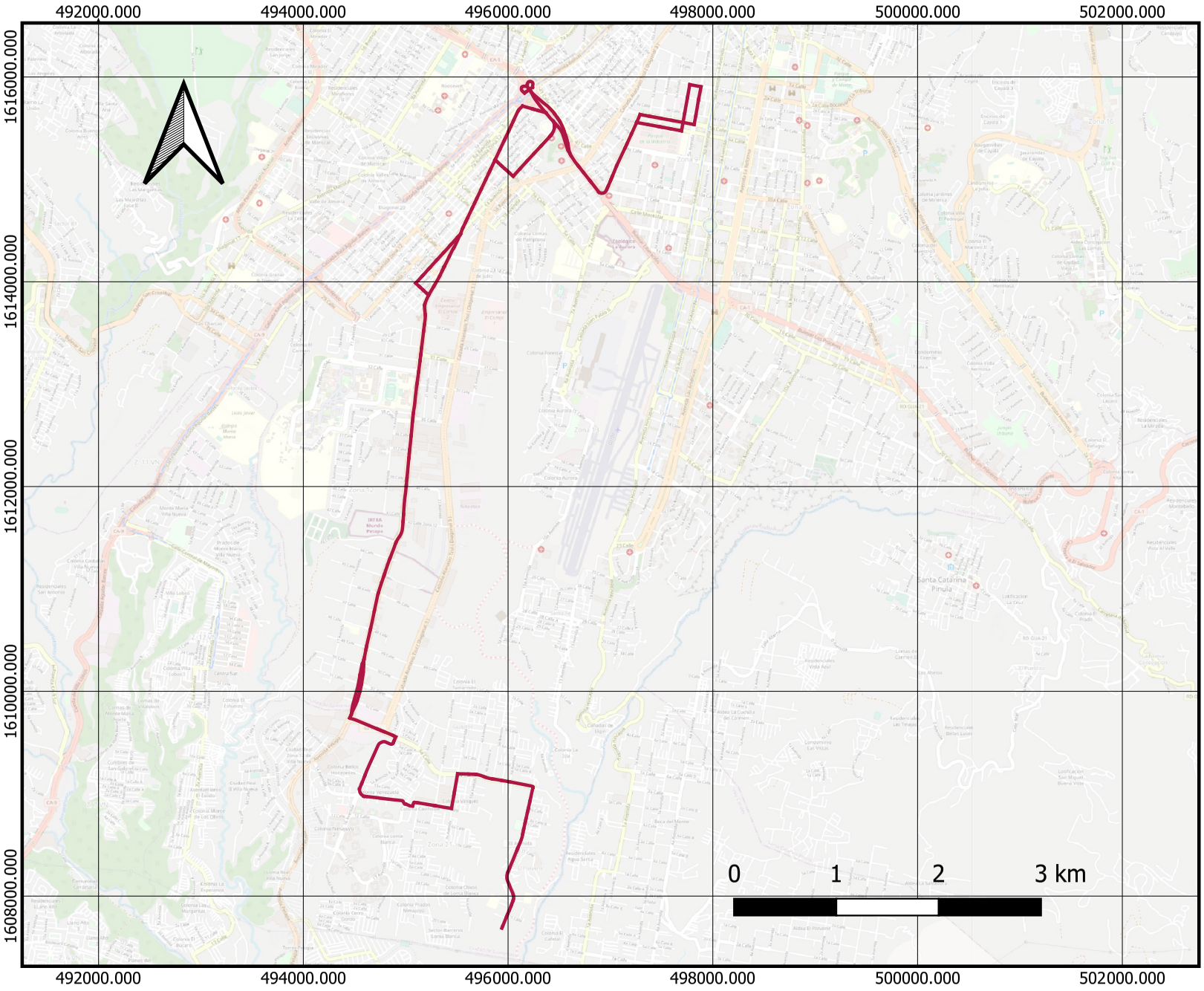
Rutas de Transporte Público

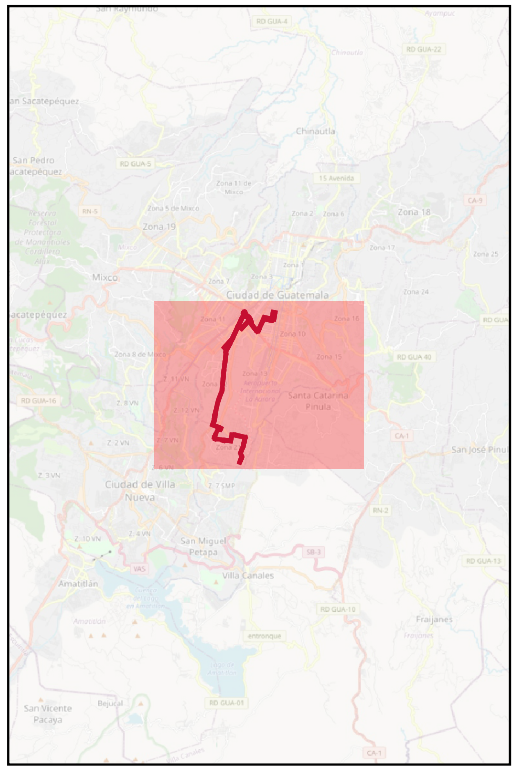
Ruta #283

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #284

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





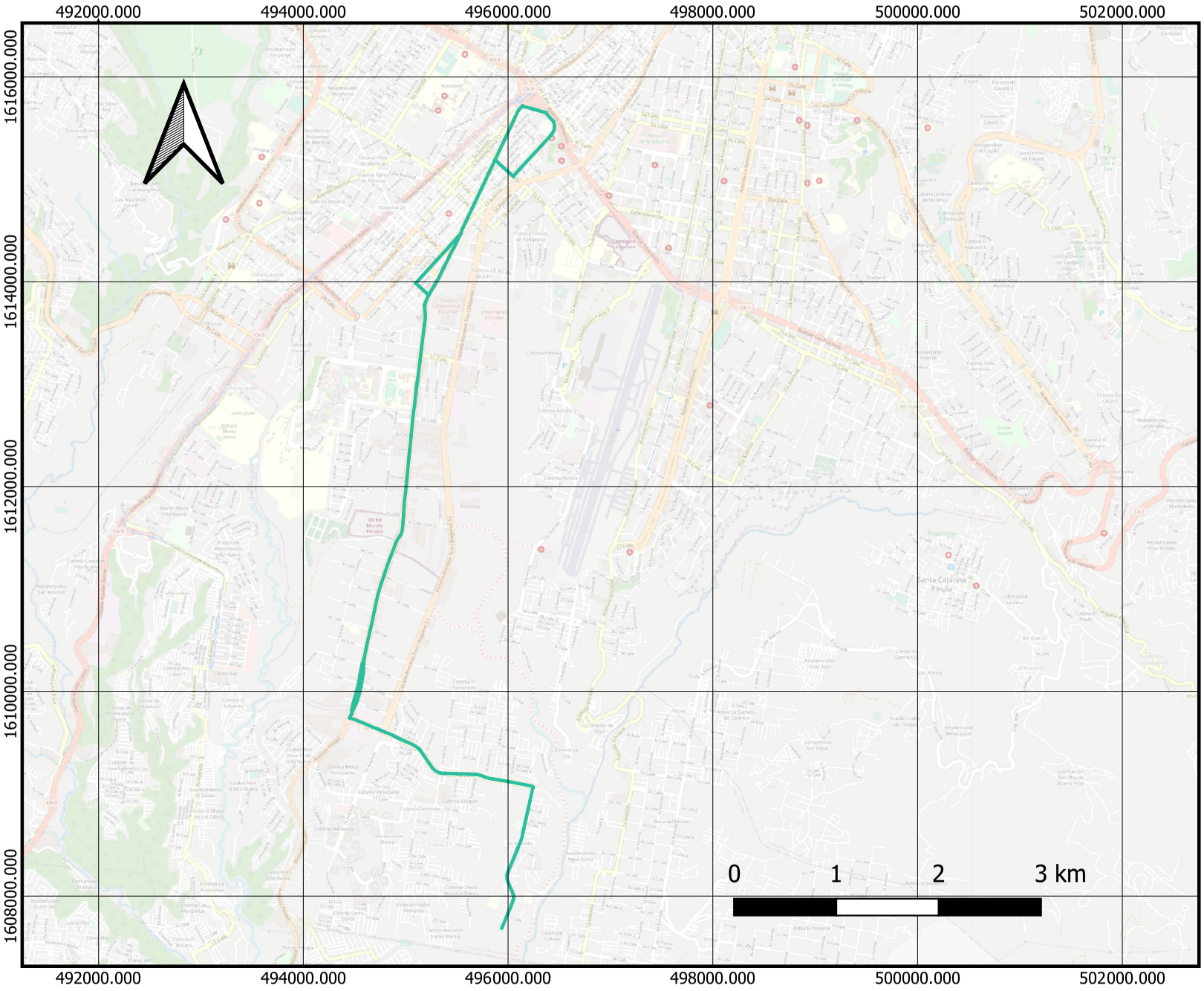
Rutas de Transporte Público

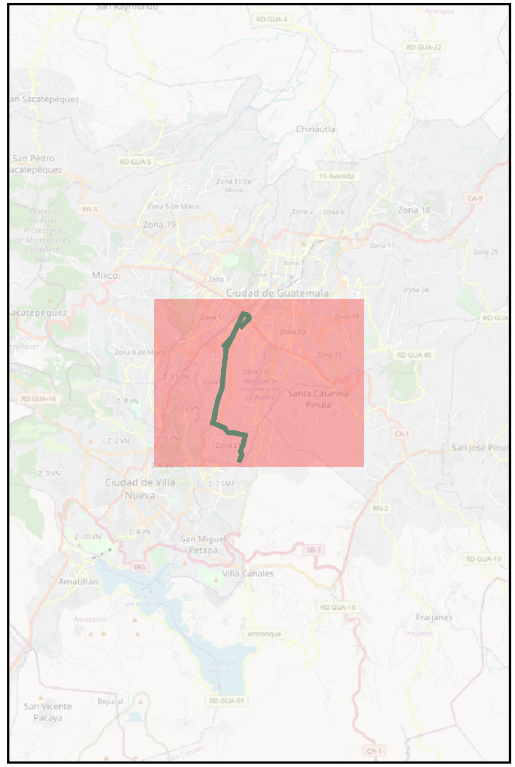
Ruta #284

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #286

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





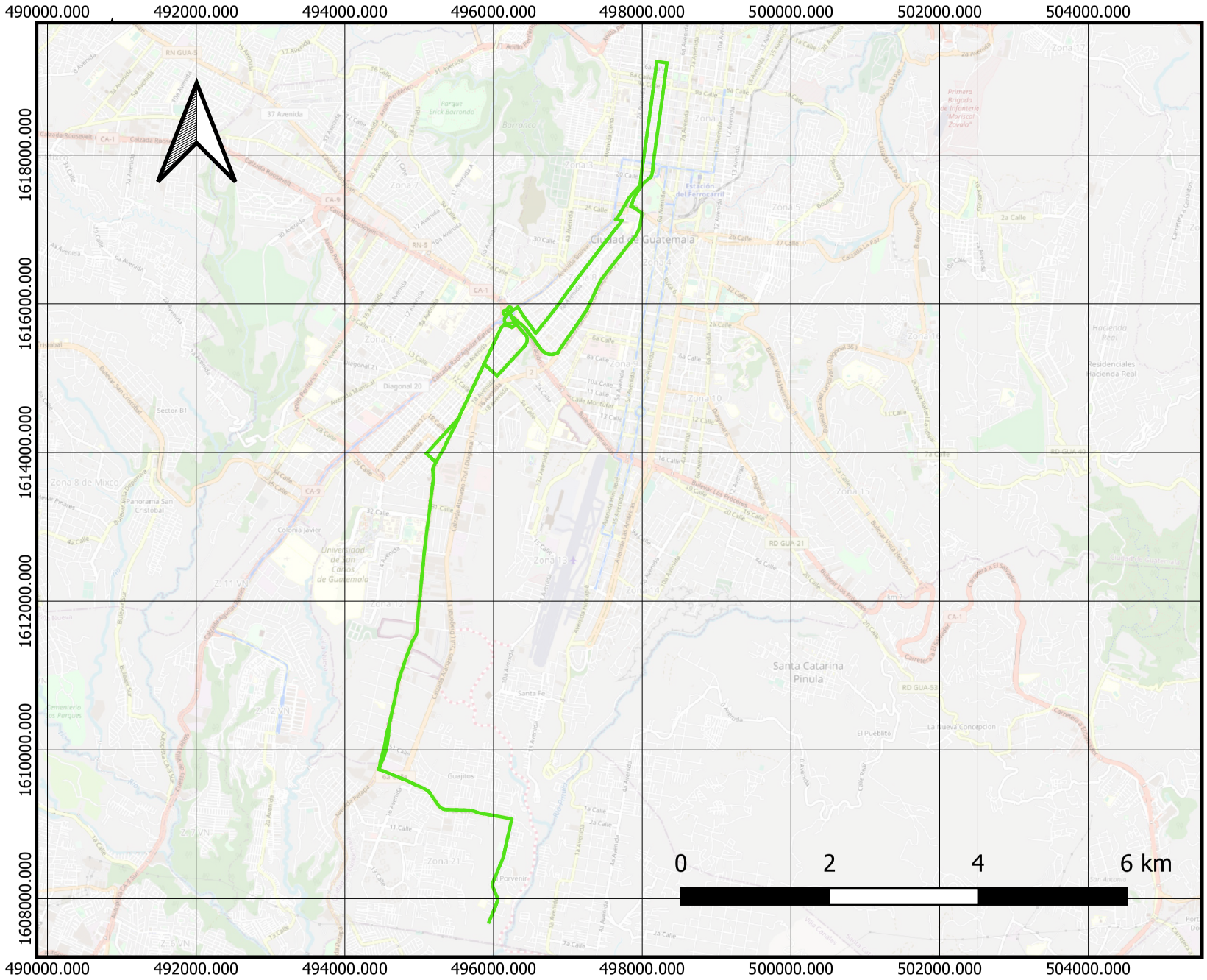
Rutas de Transporte Público

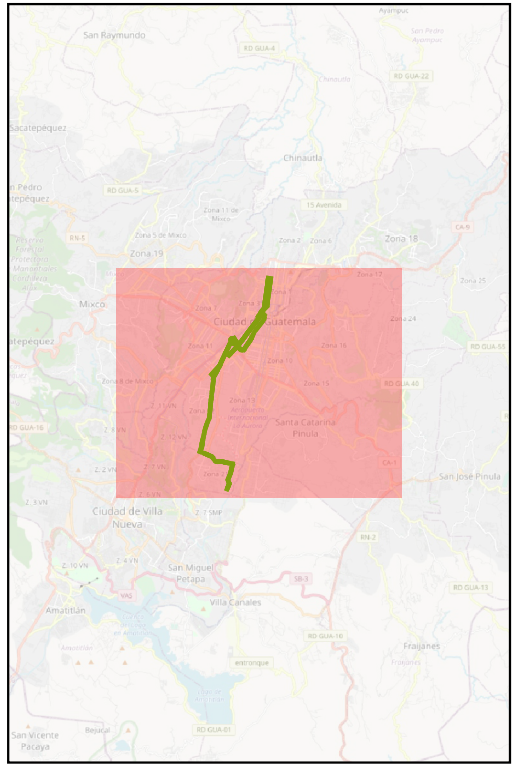
Ruta #286

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #287

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





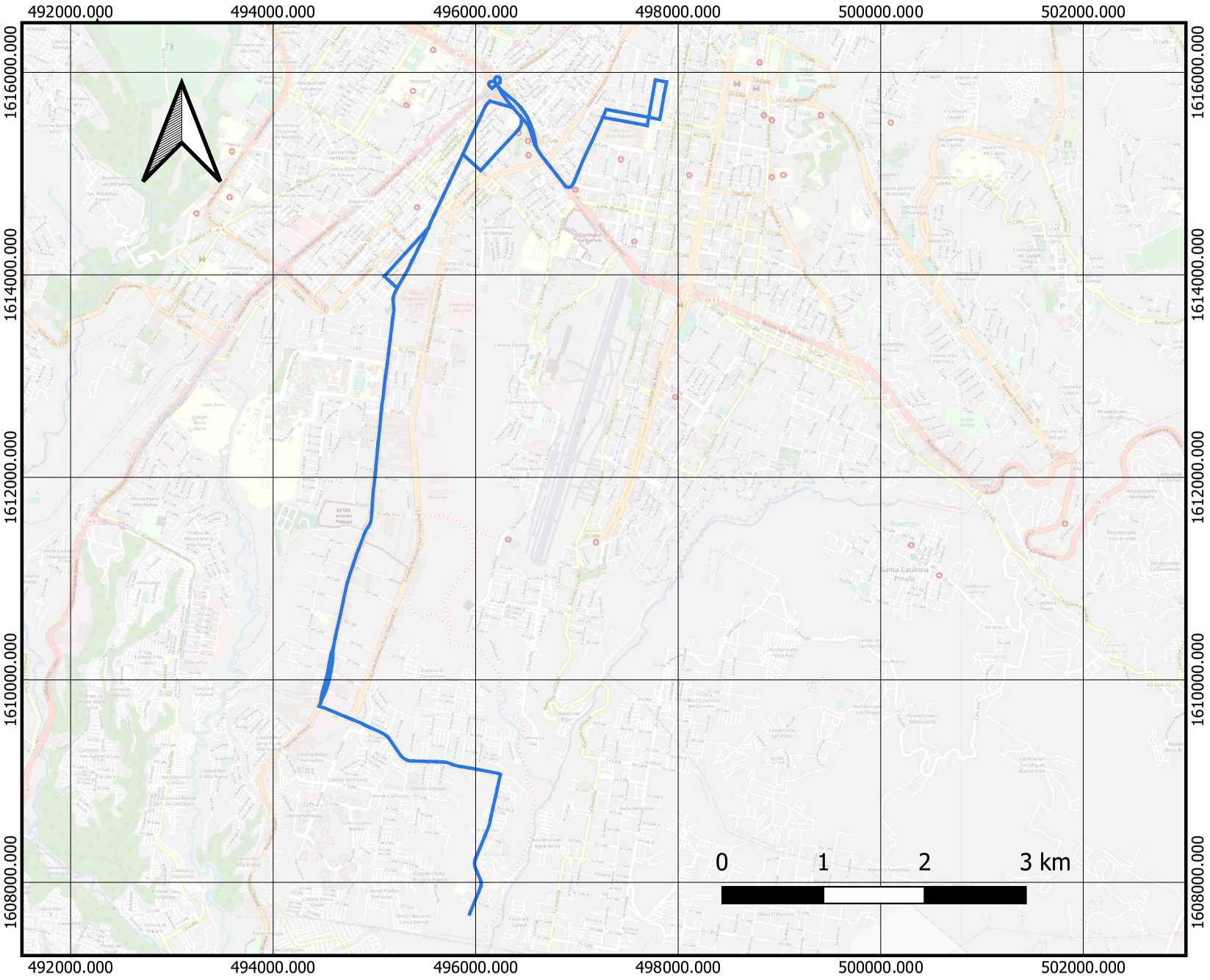
Rutas de Transporte Público

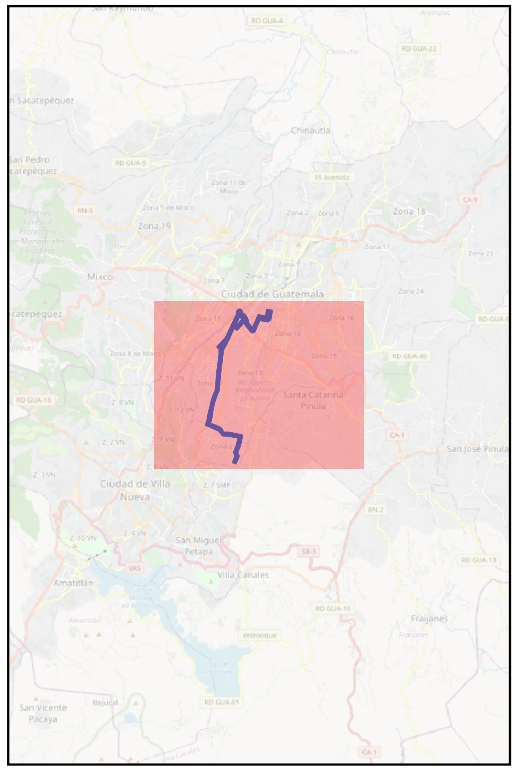
Ruta #287

OpenStreetMap

Plano de Ruta Urbana #288

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA





Rutas de Transporte Público

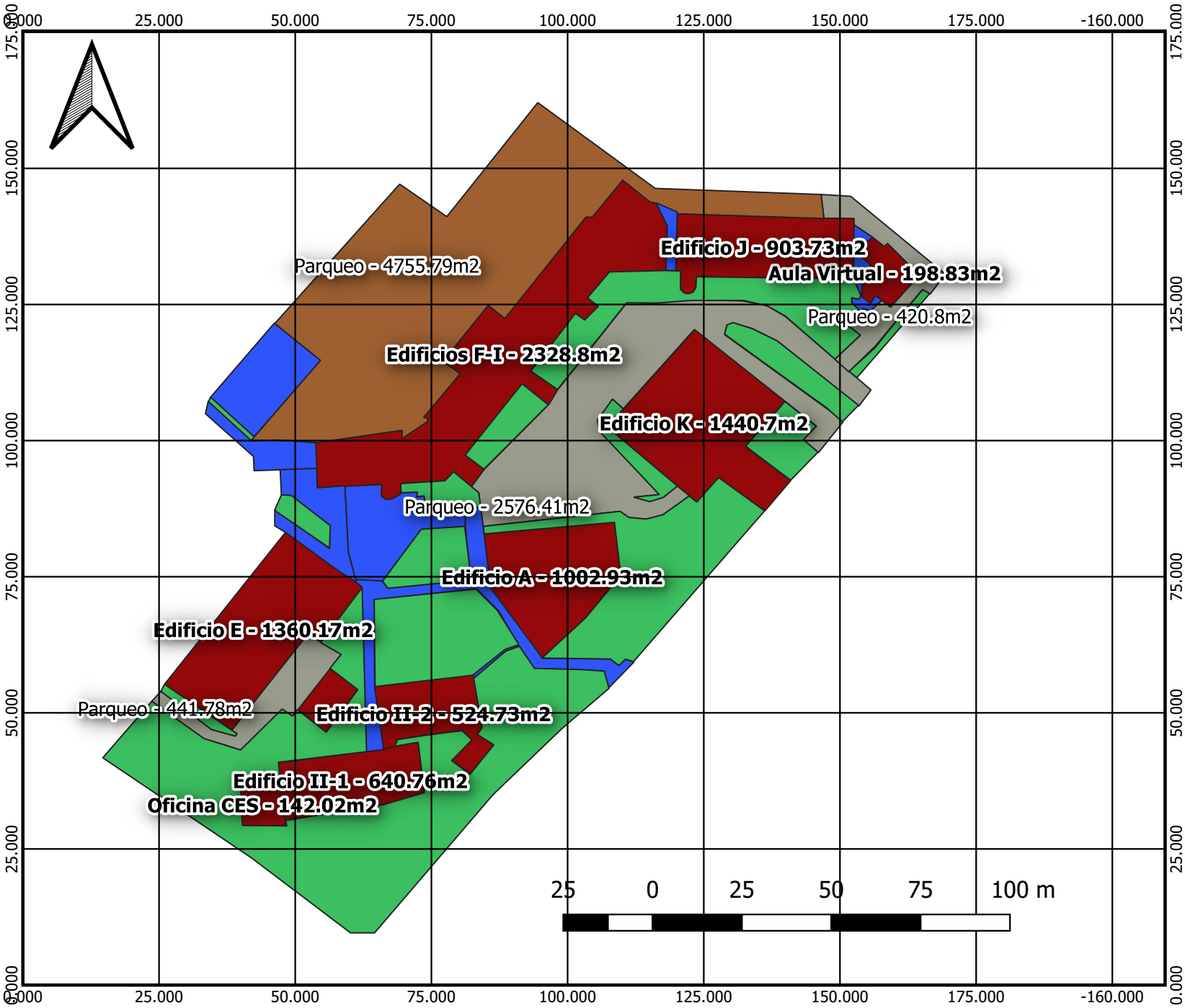
Ruta #288

OpenStreetMap

B. Plano de áreas de la Universidad del Valle de Guatemala

Mapa de Áreas de la Universidad del Valle de Guatemala

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA



Area	Lugar
903.73	Edificio J
198.83	Aula Virtual
2328.8	Edificios F-I
1440.7	Edificio K
524.73	Edificio II-2
640.76	Edificio II-1
142.02	Oficina CES
155.56	Edificio M
1360.17	Edificio E
1002.93	Edificio A

Área	Lugar
246.97	Área Verde
274.2	Área Verde
66.65	Área Verde
1015.69	Área Verde
142.07	Área Verde
1426.69	Área Verde
307.62	Área Verde
863.8	Área Verde
4145.7	Área Verde
61.98	Área Verde
146.51	Área Verde
211.12	Área Verde
101.64	Área Verde
22.38	Área Verde

Área	Lugar
479.32	Pasillos
202.76	Pasillos
333.81	Pasillos
525.99	Pasillos
575.02	Pasillos
54.83	Pasillos
20.9	Pasillos
56.94	Pasillos

Área	Lugar
2576.41	Parqueo
420.8	Parqueo
441.78	Parqueo

Área	Lugar
4755.79	Parqueo

Clasificación de Áreas

- ÁREAS DE VEGETACIÓN
- ÁREAS PASILLOS
- PARQUEO TERRACERÍA
- PARQUEO PAVIMENTO
- ÁREAS DE EDIFICIOS

XIX. Glosario

Atmósfera La capa gaseosa de aproximadamente 10,000 kilómetros de espesor compuesta de gases, partículas sólidas y líquidas.. 4

Biodiversidad La cantidad, la variedad y la variabilidad de los organismos vivos.. 19

Ciclo hidrológico Las transferencias de agua entre la atmósfera, tierra y mar en los estados líquido, sólido y gaseoso.. 5

Circulacion de vientos Desplazamientos de las masas de aire provocada por el gradiente de energía.. 6

Consumo energético Cantidad de energía utilizada, ya sea agua, electricidad, gas o cualquier fuente energética.. 12

Control de la erosión y sedimentación Cuidados que se toman para prevenir el desgaste del suelo a causa del contacto con el agua y el deposito de los materiales transportados por el agua.. 20

Corrientes marítimas Desplazamientos con determinadas direcciones de las masas de agua dentro de los océanos.. 6

Costos de operación Los gastos necesarios para mantener el edificio en funcionamiento.. 12

Cárter Recipiente donde se almacena el aceite lubricante del motor de un vehículo.. 17

Desechos orgánicos Residuos de origen vegetal o animal que son susceptibles a degradarse biológicamente.. 20

Distribución de precipitaciones Magnitud de precipitación clasificada por ubicación geográfica, principalmente influida por la latitud y relieve del lugar.. 6

Ecosistema Conjunto de organismos vivos que comparten un mismo hábitat.. 19

Equilibrio térmico Estado en la cual la temperatura de dos cuerpos que inicialmente tenían temperaturas diferentes, se igualan, es decir, punto en el cual se detiene el intercambio de calor.. 7

Escorrentía pluvial El agua de lluvia que no absorbe el suelo si no que escurre sobre las superficies impermeables.. 19

Fideicomiso de tierras Preservación de áreas naturales por medio de fideicomisos.. 20

Gases de la atmósfera Los gases encontrados en el aire a nuestro alrededor, tales como el aire, argón, dióxido de carbono, helio, nitrógeno y oxígeno.. 4

Gradientes de temperatura Magnitud fisica que relaciona el cambio de temperatura con la altitud.. 6

Hidrocarburos fósiles Elementos que provienen de los restos de organismos que estuvieron vivos.. 4

Indicadores climatológicos Parámetros que describen los cambios en el clima con información como la temperatura, energía, características del óceano y agua, etc.. 5

Industria del frío Construcción, diseño y mantenimiento de equipos diseñados para obtener enegía calorífica de un área y trasladarla a otra, por ejemplo, los equipos de refrigeración.. 5

Interferencias antropogénicas Intervención procedente del ser humano que tiene efectos sobre la naturaleza.. 8

Invernadero Lugar cerrado usualmente con una cubierta de vidrio o plastico, con el propósito de controlar la temperatura, humedad y otros factores ambientales.. 4

Jurídicamente vinculantes Condición que obliga o víncula a determinada acción, de lo contrario se aplicarán leyes o disposiciones.. 8

Longitud de onda La distancia que existe entre las crestas consecutivas de una onda.. 4

Modelos climáticos globales Representación matemática del sistema climático del planeta Tierra, basados en las leyes de la física, dinámica de fluidos y química.. 5

Métodos de bajo impacto Metodologías que constan de acciones que no contribuyen de manera significativa a la degradación ambiental.. 19

Parámetros de la órbita terrestre Variables que definen la órbita por la cual circula el planeta Tierra, por ejemplo, excentricidad e inclinación.. 4

Pavimentación Capa construida sobre el terreno natural con el propósito de resistir la circulación de personas y/o vehículos.. 21

Plantas invasivas Flora que al ser trasladada a un ecosistema que no le es propio, se comporta de tal forma que hace desaparecer a otras especies.. 20

Precipitaciones Caída del agua desde la atmósfera hacia la superficie terrestre.. 6

Procesos geológicos Los cambios que se dan en la superficie terrestre a consecuencia del agua, viento, seres vivos, etc.. 4

Propiedades radioactivas Propiedad de los elementos de emitir partículas o rayos por el núcleo de un átomo de forma espontánea.. 5

Radiación electromagnética La radiación compuesta por campos eléctricos y magnéticos, puede prevenir de fuentes naturales o producidas por el hombre.. 4

Taxativa Que no admite discusión.. 11

Urbanización Proceso en el cual la población de un país se concentra en determinada ubicación geográfica.. 21

Vegetación autóctona Flora propia del terreno en el que se encuentra.. 20

Vehículos de combustión Vehículos que funcionan con motores que transforman la energía química del comustible en energía mecánica.. 17