

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

IMPLEMENTACIÓN DE UN ALGORITMO RECOCIDO SIMULADO PARA EL DISEÑO DE RUTAS DE TRANSPORTE PÚBLICO PARA LIMA CENTRO

Tesis para optar el Título de Ingeniero Informático que presenta el bachiller:

Walter Alonso Barrantes Ríos

ASESOR: Ing. Gissella María Bejarano Nicho

Lima, febrero de 2015

Contenido

<u>ANEXO 1 DICCIONARIO DE DATOS</u>	3
<u>ANEXO 2 FLUJO DE CARGA DE INFORMACIÓN RED VIAL</u>	6
<u>ANEXO 3 CALIBRACIÓN DE ALGORITMOS</u>	8
<u>ANEXO 4 EXPERIMENTACIÓN NUMÉRICA</u>	15



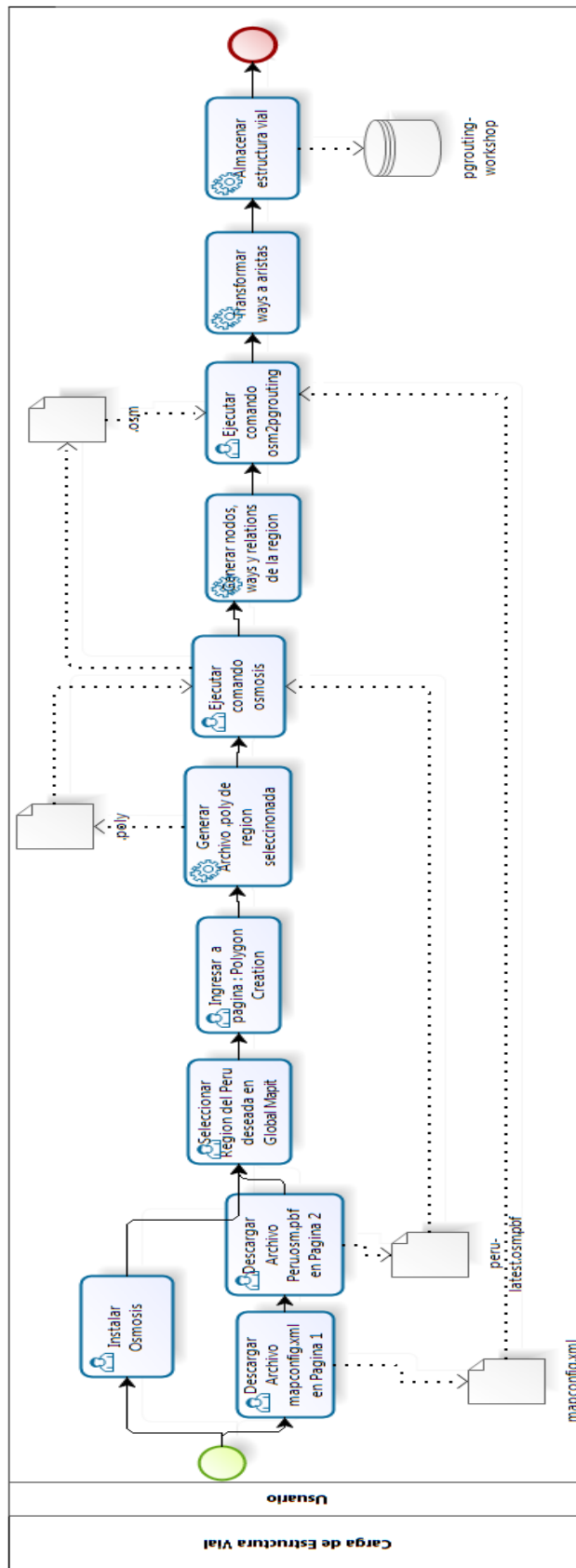
ANEXO 1 Diccionario de Datos

Nombre de la Tabla	Columnas	Descripción
Algoritmo	idAlgoritmo	identificador del registro
Descripción: Almacena los valores de los parámetros del algoritmo	alpha_simulated	valor del factor alpha
	beta_simulated	valor del factor beta
	temperatura_simulated	valor de la Temperatura
	generacion_simulated	cantidad de generaciones
	maxnocambios_simulated	intentos máximos de cambios sin éxitos
	numcambios_simulated	numero de cambios por iteración
Datos	iddatos	identificador del registro
Descripción: Almacena datos del algoritmo	lmin	longitud mínima de una ruta
	lmax	longitud máxima de una ruta
	p	porcentaje mínimo de la demanda de viaje satisfecha
	c2	costo unitario por hora por demanda insatisfecha
	c3	costo de una ruta
	rmax	máximo número de rutas
	w1	peso de primer término de función objetivo
	w2	peso del segundo término de la función objetivo
	w3	Peso del tercer término de la función objetivo
	vprom	velocidad promedio de viaje
	capruta	proporción de la capacidad total de una ruta
	bcap	capacidad de pasajeros de un bus
	cpasaje	costo promedio de pasaje directo
	chh	valor social del tiempo para usuarios de transporte urbano
	fl	flota, cantidad de buses por ruta
cap	proporción de la capacidad total de la ruta	
Distrito	iddistrito	identificador del registro
Descripción: Almacena los distritos	nombre	nombre del Distrito
	zona_integrada	código de Zona Integrada
	area_polo	zona cardinal
	ubigeo	código Ubigeo
	geom	polígono del distrito
Nodo	idnodo	identificador del registro
Descripción: Almacena los nodos(vertices) que conforman la red vial	idminizona	Identificador de minizona (FK)
	longitud	coordenada longitud del nodo
	latitud	coordenada latitud del nodo
Redvial	id	identificador del registro
Descripción:	name	
	tipo	
	idzona	Identificador de la (FK)
	geom	LineString de la Red Vial
Solucion	idsolucion	identificador del registro

Descripción: Almacena la solución devuelta por el algoritmo	idalgoritmo	identificador de algoritmo (FK)
	fecha	fecha en la que se obtuvo la solución
	estado	indica si la solución es la actual(2), ha sido escogida (1) o no(0)
	valor	valor de la función objetivo calculador por el algoritmo
	iddatos	identificador del registro datos (FK)
tipo_vía	idtipovia	identificador del registro
Descripción: Almacena los tipos de vía de transporte	nombretipo	nombre del tipo de vía
	rutamax	numero máximo de rutas que pueden recorrer por la vía
vía	idvia	identificador de la vía
Descripción: Almacena las vías de transporte que conforman la red vial	nombre	nombre de la vía
	velocidadprom	velocidad promedio con la cual se recorre la vía
	accesible	indica si la vía es accesible(1) o no(0)
	idtipovia	identificador del tipo_vía (FK)
zonatransito	idzonatransito	identificador del registro
Descripción: Almacena las zonas de tránsito	iddistrito	identificador de distrito al cual pertenece (FK)
	codigo	código identificador de la zona de transito
	area	área total de la zona de tránsito en kilómetros
	numminizona	cantidad de minizonas que contiene
	flgtraspaso	indica si la zona de tránsito es una zona de traspaso
	flgperiferico	indica si la zona de tránsito es una zona de la periferia
	geom	polígono de la zona de transito
arista	idarista	identificador del registro
Descripción: Almacena las aristas (calles) que conforman la red vial	idnodoorigen	nodo(esquina) origen
	idnododestino	nodo(esquina) destino
	iddistrito	identificador de distrito al cual pertenece (FK)
	idvia	vía a la cual pertenece la arista (FK)
	distancia	distancia o longitud de la arista en kilómetros
	numcarriles	número de carriles de la arista
	accesible	indica si la arista se encuentra accesible (1) o no(0)
	direccion	dirección(sentido) de la arista
	redvial	Indica si la arista es parte de la red vial
	geom	lineString de la arista
minizona	idminizona	identificador del registro
Descripción: Almacena las zonas del área de estudio	codigo	código de la zona
	area	área total de la zona en kilómetros
	longitud	coordenada longitud de centroide de la zona
	latitud	coordenada latitud de centroide de la zona
	idzonatransito	identificador de la zonatransito al cual pertenece
	iddistrito	identificador del distrito al cual pertenece
	geom	polígono de la zona
minizonaxarista	idminizonaxarista	identificador del registro
Descripción:	idarista	arista que está cubierta por la minizona

Almacena las aristas que cubre la minizona	idminizona	identificador de la minizona a la cual pertenece
minizonaxnodo	idminizonaxnodo	identificador del registro
Descripción: Almacena los nodos que están cubiertos por la minizona	idnodo	nodo que está cubierto por la minizona
	idminizona	identificador de la minizona
ruta	idruta	identificador del registro
Descripción: Almacena una ruta de transporte	idnodoinicial	terminal inicial de la ruta
	idnodofinal	terminal final de la ruta
	idsolucion	solución a la cual pertenece la ruta
	longitud	longitud de la ruta en kilómetros
	tiempo	tiempo que demora recorrer la ruta de un extremo a otro
	actual	indica si la ruta pertenece al actual sistema de transporte(1) o no (0)
	frecuencia	frecuencia de salida de los buses en la ruta
	flot	tamaño de la flota de buses que requiere la ruta
	geom_ida	lineString de la ruta de ida
geom_vuelta	lineString de la ruta de vuelta	
rutaxarista	idrutaxarista	identificador del registro
Descripción: Almacena las aristas que componen la ruta	idruta	identificador de la ruta
	idarista	arista que compone parte de la ruta
	paradero	indica si en la arista se localiza un paradero
arista_minizona	idaristaminizona	identificador del registro
Descripción: Almacena las arista_zonas que componen el grafo de la red de zonas	distancia	distancia o longitud de la arista_minizona en kilometros
	idminizonaorigen	minizona origen
	idminizonadestino	minizona destino
demanda	iddemanda	identificador del registro
Descripción: Almacena la demanda de transporte de una minizona origen a una destino	idminizonaorigen	minizona origen
	idminizonadestino	minizona destino
	demanda	demanda de transporte de minizona origen a minizona destino
solucionxdemanda	idsolucionxdemanda	identificador del registro
Descripción: Almacena la demanda cubierta y sincubrir por una solución	idsolucion	identificador solución
	iddemanda	identificador demanda
	demcubdirecta	demanda cubierta por rutas directas
	demcubind	demanda cubierta por rutas indirectas(transferencia)
	demsincubrir	demanda no cubierta

ANEXO 2 Flujo de carga de información red vial



Powered by
bizagi
Modeler

Páginas Web	URL
Página 1	https://github.com/pgRouting/osm2pgrouting/blob/master/mapconfig.xml
Página 2	http://download.geofabrik.de/south-america.html
Global Mapit	http://global.mapit.mysociety.org/
Polygon Creation	http://polygons.openstreetmap.fr/index.py
Operación	Comando
osmosis	<code>osmosis --rb file=peru-latest.osm.pbf --bounding-polygon file=poligonoLima.poly --way-key-value keyValueList=highway.primary,highway.secondary,highway.tertiary,highway.trunk,highway.motorway,highway.residential --tf reje1ct-relations --write-xml salida.osm</code>
osm2pgrouting	<code>osm2pgrouting -file archivo.osm -conf mapconfig.xml -dbname pgrouting-workshop -user postgres -clean</code>



ANEXO 3 Calibración de Algoritmos

Algoritmo de Creación Inicial

P%Lista	NumRutas
X	10

P%Lista	30%
Corrida	Función Objetivo
1	9,028,020.85
2	9,046,631.55
3	9,138,811.21
4	9,178,869.02
5	9,196,765.98
6	9,278,008.92
7	9,286,077.95
8	9,102,994.88
9	9,061,517.75
10	9,044,675.30
Función Objetivo Promedio	9,136,237.34

P%Lista	50%
Corrida	Función Objetivo
1	9,109,474.26
2	9,247,021.26
3	9,083,574.31
4	9,107,557.21
5	9,191,347.07
6	9,026,357.31
7	9,041,100.87
8	9,233,180.88
9	9,152,481.76
10	9,219,375.87
Función Objetivo Promedio	9,141,147.08

P%Lista	70%
Corrida	Función Objetivo
1	9,015,780.30
2	9,149,792.47
3	9,139,771.86
4	9,138,617.14
5	9,262,840.25
6	9,245,369.34
7	9,342,610.51
8	9,151,161.98
9	9,182,745.88
10	9,170,306.52
Función Objetivo Promedio	9,179,899.62

P%Lista	100%
Corrida	Función Objetivo
1	9,139,906.86
2	9,203,486.14
3	9,116,959.65
4	8,993,213.76
5	9,222,137.80
6	9,077,548.74
7	9,343,442.10
8	9,074,861.07
9	9,275,901.70
10	9,116,678.23
Función Objetivo Promedio	9,156,413.61

Mejor Promedio	P%Lista
9136237.34	30%

Algoritmo de Creación Inicial

P%Lista	NumRutas
30%	X

NumRutas	5
Corrida	Función Objetivo
1	9,246,289.40
2	9,029,047.56
3	9,042,574.05
4	9,118,710.82
5	8,981,872.73
6	9,243,957.85
7	9,240,840.93
8	9,136,810.55
9	9,093,100.00
10	9,078,621.60
Función Objetivo Promedio	9,121,182.55

NumRutas	10
Corrida	Función Objetivo
1	9,102,744.89
2	9,224,282.94
3	9,015,941.04
4	9,137,667.16
5	9,161,149.53
6	9,218,814.82
7	9,061,194.04
8	9,144,451.33
9	9,187,851.32
10	9,238,045.27
Función Objetivo Promedio	9,149,214.23

NumRutas	15
Corrida	Función Objetivo
1	9,171,993.27
2	9,081,039.07
3	9,173,067.05
4	9,251,795.29
5	9,134,363.41
6	9,015,857.53
7	9,296,639.02
8	9,130,910.92
9	9,108,523.09
10	8,782,536.73
Función Objetivo Promedio	9,114,672.54

NumRutas	20
Corrida	Función Objetivo
1	9,265,008.76
2	9,042,387.55
3	9,185,400.75
4	9,129,572.31
5	9,131,843.20
6	9,046,376.38
7	9,349,869.76
8	9,321,342.72
9	9,130,902.87
10	9,058,962.63
Función Objetivo Promedio	9,166,166.69

Mejor Promedio	NumRutas
1332508.523	15

Algoritmo Recocido Simulado

Temperatura(T)	Cambios por T	Alpha	Max Num. Sin Cambios	NumRutasSim
X	10	0.955	500	10

Temperatura	50,000
Corrida	Función Objetivo
1	8,989,871.32
2	8,863,640.01
3	8,983,628.50
4	8,845,348.57
5	8,809,326.50
6	8,900,425.95
7	8,806,578.14
8	8,977,667.03
9	8,971,438.94
10	8,944,731.04
Funcion Objetivo Promedio	8,909,265.60

Temperatura	100,000
Corrida	Función Función
1	8,783,918.99
2	8,896,415.58
3	9,106,054.50
4	8,691,584.54
5	8,827,288.24
6	9,044,888.67
7	9,015,384.96
8	9,009,557.42
9	9,037,364.58
10	8,895,464.18
Funcion Objetivo Promedio	8,930,792.16

Temperatura	50,000
Corrida	Función Objetivo
1	8,866,902.56
2	9,167,463.56
3	9,252,537.30
4	8,983,389.92
5	8,855,427.01
6	9,075,303.32
7	9,025,258.00
8	9,115,768.42
9	8,950,432.97
10	9,027,387.78
Función Objetivo Promedio	9,031,987.08

Temperatura	80,000
Corrida	Función Objetivo
1	9,010,620.13
2	8,981,543.89
3	8,889,033.41
4	8,992,674.83
5	9,008,100.00
6	8,853,874.99
7	8,901,309.44
8	8,949,972.47
9	8,776,935.27
10	9,103,289.29
Función Objetivo Promedio	8,946,735.37

Mejor Promedio	Temperatura
8930792.165	50,000

Algoritmo Recocido Simulado

Temperatura(T)	Cambios por T	Alpha	Max Num. Sin Cambios	NumRutasSim
50000	X	0.955	500	10

Cambios por T	10
Corrida	Función Objetivo
1	8,713,868.49
2	8,905,695.69
3	9,161,689.17
4	8,961,334.17
5	8,796,852.93
6	9,003,350.93
7	8,930,106.14
8	8,744,633.93
9	8,798,983.80
10	8,859,722.22
Función Objetivo Promedio	8,887,623.75

Cambios por T	15
Corrida	Función Objetivo
1	8,746,593.42
2	9,048,257.23
3	8,883,449.59
4	8,905,033.11
5	9,037,820.73
6	8,890,469.99
7	8,986,416.49
8	8,896,222.04
9	8,694,715.50
10	8,983,067.83
Función Objetivo Promedio	8,907,204.59

Cambios por T	20
Corrida	Función Objetivo
1	8,991,557.08
2	9,033,462.57
3	8,939,814.59
4	9,038,273.33
5	9,015,099.32
6	8,912,830.39
7	8,995,853.16
8	8,805,280.75
9	8,861,638.05
10	8,939,126.88
Función Objetivo Promedio	8,953,293.61

Cambios por T	25
Corrida	Función Objetivo
1	8,999,165.96
2	8,977,302.24
3	8,878,374.59
4	8,874,499.03
5	8,995,407.06
6	8,883,878.48
7	8,907,341.14
8	8,894,071.40
9	8,807,226.56
10	8,819,755.01
Función Objetivo Promedio	8,903,702.15

Mejor Promedio	Cambios por T
8887623.747	10

Algoritmo Recocido Simulado

Temperatura(T)	Cambios por T	Alpha	Max Num. Sin Cambios	NumRutasSim
50000	10	X	500	10

Alpha	0.905
Corrida	Función Objetivo
1	9,271,653.46
2	8,969,460.55
3	9,083,287.05
4	9,083,878.49
5	8,983,636.34
6	9,014,646.73
7	8,995,786.55
8	8,864,183.97
9	8,869,630.35
10	9,053,486.42
Función Objetivo Promedio	9,018,964.99

Alpha	0.955
Corrida	Función Objetivo
1	9,025,423.01
2	8,939,151.35
3	8,773,994.31
4	8,822,399.32
5	9,158,256.22
6	8,909,528.35
7	8,859,775.72
8	8,890,861.26
9	8,767,979.71
10	9,075,752.24
Función Objetivo Promedio	8,922,312.15

Alpha	0.850
Corrida	Función Objetivo
1	9,347,904.71
2	8,905,785.91
3	9,019,258.49
4	8,915,407.94
5	9,141,590.95
6	8,957,331.96
7	9,053,650.69
8	8,848,280.93
9	8,971,212.28
10	9,117,247.44
Función Objetivo Promedio	9,027,767.13

Alpha	0.980
Corrida	Función Objetivo
1	9,056,736.94
2	9,115,097.93
3	8,976,637.11
4	8,870,423.15
5	9,086,477.25
6	8,951,756.34
7	8,896,362.81
8	8,888,650.56
9	8,813,179.03
10	8,922,135.57
Función Objetivo Promedio	8,957,745.67

Mejor Promedio	Alpha
8922312.149	0.955

Algoritmo Recocido Simulado

Temperatura(T)	Cambios por T	Alpha	Max Num. Sin Cambios (SC)	NumRutasSim
50000	10	0.955	X	10

SC	500
Corrida	Función Objetivo
1	9,086,790.11
2	9,107,650.66
3	9,033,942.94
4	8,908,002.46
5	8,873,482.78
6	9,021,826.24
7	8,787,213.65
8	9,008,836.56
9	8,700,990.00
10	8,987,265.60
Función Objetivo Promedio	8,951,600.10

SC	400
Corrida	Función Objetivo
1	8,924,918.62
2	8,900,369.06
3	9,177,019.01
4	8,632,838.10
5	8,805,601.85
6	8,811,391.87
7	8,848,773.73
8	8,959,671.41
9	8,769,033.31
10	8,900,807.22
Función Objetivo Promedio	8,873,042.42

SC	300
Corrida	Función Objetivo
1	9,014,189.49
2	8,940,038.66
3	9,157,551.88
4	8,859,784.67
5	8,817,079.88
6	8,753,550.35
7	8,966,337.04
8	8,929,820.63
9	9,005,598.22
10	8,882,900.97
Función Objetivo Promedio	8,932,685.18

SC	600
Corrida	Función Objetivo
1	8,952,975.16
2	8,989,410.99
3	9,016,359.92
4	8,739,576.61
5	8,851,609.37
6	9,031,225.80
7	8,877,807.04
8	9,023,877.01
9	8,879,190.30
10	8,862,906.55
Función Objetivo Promedio	8,922,493.87

Mejor Promedio	SC
8971707.201	400

Algoritmo Recocido Simulado

Temperatura(T)	Cambios por T	Alpha	Max Num. Sin Cambios (SC)	NumRutasSim
50000	10	0.955	400	X

NumRutasSim	10
Corrida	Función Objetivo
1	9,055,668.25
2	9,005,974.79
3	8,873,609.94
4	9,000,526.72
5	8,830,980.38
6	8,951,200.41
7	8,910,561.37
8	8,919,039.83
9	8,968,232.46
10	9,071,109.62
Función Objetivo Promedio	8,958,690.38

NumRutasSim	15
Corrida	Función Objetivo
1	8,945,878.58
2	8,919,352.37
3	9,051,164.45
4	8,720,006.51
5	8,783,465.78
6	8,899,205.95
7	8,985,581.77
8	8,866,067.83
9	9,049,776.40
10	9,006,977.28
Función Objetivo Promedio	8,922,747.69

NumRutasSim	20
Corrida	Función Objetivo
1	8,853,216.24
2	8,869,948.05
3	8,972,615.56
4	8,809,072.48
5	8,936,001.45
6	8,691,529.84
7	8,944,573.78
8	8,959,253.94
9	8,914,513.32
10	8,816,685.56
Función Objetivo Promedio	8,876,741.02

NumRutasSim	25
Corrida	Función Objetivo
1	8,760,897.67
2	8,788,497.50
3	8,727,096.41
4	8,571,633.29
5	8,652,634.00
6	8,573,900.16
7	8,594,580.02
8	8,670,781.73
9	8,801,815.07
10	8,593,383.02
Función Objetivo Promedio	8,673,521.89

Mejor Promedio	NumRutasSim
8673521.885	25

Resultados Obtenidos

Juego 1		Juego 2		Juego 3		Juego 4		Juego 5	
PIA V	Recocido	PIA V	Recocido	PIA V	Recocido	PIA V	Recocido	PIA V	Recocido

ANEXO 4 Experimentación Numérica



EXPERIMENTACIÓN NUMÉRICA

1	879,256.36	870,482.92	1	872,581.65	843,051.16	1	866,825.81	866,874.73	1	873,736.12	851,191.30	1	851,329.18	820,713.20
2	858,442.25	821,232.01	2	857,933.86	853,558.52	2	858,962.21	851,893.08	2	874,157.99	855,253.03	2	861,528.92	858,052.30
3	857,495.03	853,799.90	3	858,440.99	841,631.20	3	869,424.23	858,591.79	3	870,323.76	846,791.09	3	885,002.90	850,424.56
4	863,542.19	846,004.82	4	884,680.00	860,529.29	4	888,810.74	877,452.30	4	873,197.24	842,385.50	4	868,714.43	857,108.31
5	863,210.81	866,334.44	5	865,225.85	823,295.00	5	847,842.62	832,594.07	5	846,640.51	841,421.71	5	867,650.24	842,947.10
6	866,910.07	870,621.86	6	862,613.98	869,977.61	6	876,218.48	859,466.39	6	857,865.97	851,975.85	6	865,964.02	856,466.56
7	870,928.53	858,117.03	7	867,289.30	857,832.26	7	877,929.00	873,535.47	7	881,701.00	872,905.80	7	862,503.92	842,696.56
8	861,042.24	832,944.43	8	840,554.17	819,357.05	8	865,016.98	841,334.37	8	850,382.51	844,322.63	8	841,113.84	823,707.00
9	869,301.74	874,353.35	9	859,890.82	850,100.04	9	875,315.10	848,719.80	9	852,767.55	834,349.85	9	885,259.13	846,256.88
10	887,095.56	869,226.94	10	867,212.75	859,705.31	10	857,559.26	854,790.45	10	878,442.02	846,794.64	10	874,762.81	856,081.34
Menor	857,495.03	821,232.01	Menor	840,554.17	819,357.05	Menor	847,842.62	832,594.07	Menor	846,640.51	834,349.85	Menor	841,113.84	820,713.20

Juego 6			Juego 7			Juego 8			Juego 9			Juego 10		
	PIA V	Recocido		PIA V	Recocido		PIA V	Recocido		PIA V	Recocido		PIA V	Recocido
1	867,481.04	870,348.39	1	875,608.28	863,509.04	1	889,072.24	863,260.64	1	859,413.73	851,436.92	1	872,748.47	827,966.77
2	868,815.73	876,321.99	2	876,372.77	859,879.21	2	871,352.24	848,319.47	2	878,115.56	847,256.33	2	871,645.17	873,249.98
3	885,146.25	839,243.58	3	864,147.09	827,084.24	3	877,750.55	867,395.61	3	868,282.35	845,573.28	3	874,669.49	836,089.80
4	860,787.42	854,192.97	4	881,998.88	863,717.51	4	867,318.14	862,754.44	4	873,533.29	846,221.74	4	867,751.23	867,292.10
5	838,301.17	843,076.55	5	869,783.48	841,969.20	5	855,675.06	842,013.16	5	859,411.84	835,812.47	5	846,757.40	859,138.05
6	870,419.04	869,740.94	6	863,083.58	857,926.43	6	881,996.58	867,983.43	6	850,383.38	838,606.00	6	872,108.48	847,193.20
7	865,724.85	865,500.47	7	885,016.97	871,802.74	7	875,934.87	854,374.20	7	886,842.34	854,449.00	7	860,185.50	822,528.33
8	870,866.25	848,935.74	8	861,958.56	868,819.05	8	858,662.82	842,419.35	8	868,364.86	874,392.78	8	863,061.69	859,077.71
9	864,191.26	853,358.64	9	870,253.58	860,635.50	9	876,408.29	857,669.28	9	866,748.46	851,126.82	9	874,087.43	859,157.53
10	876,976.66	835,502.84	10	867,539.69	843,470.34	10	880,017.83	846,036.69	10	864,037.25	853,623.15	10	869,264.60	848,038.79
Menor	838,301.17	835,502.84	Menor	861,958.56	827,084.24	Menor	855,675.06	842,013.16	Menor	850,383.38	835,812.47	Menor	846,757.40	822,528.33

Juego 11			Juego 12			Juego 13			Juego 14			Juego 15		
	PIA V	Recocido		PIA V	Recocido		PIA V	Recocido		PIA V	Recocido		PIA V	Recocido

1	871,675.97	875,014.27	1	865,437.71	878,457.76	1	893,048.19	834,851.45	1	888,703.32	849,086.67	1	859,857.16	833,875.91
2	859,773.70	849,885.99	2	892,399.92	849,491.19	2	872,820.71	836,385.25	2	854,843.72	835,404.83	2	857,872.78	862,729.24
3	863,144.06	879,410.69	3	861,741.87	840,779.77	3	887,322.33	847,585.12	3	872,584.53	832,889.73	3	875,822.30	862,797.69
4	874,688.58	852,360.44	4	871,239.80	842,128.57	4	855,195.43	844,249.47	4	864,979.30	856,065.24	4	871,553.60	844,266.13
5	853,968.65	844,261.96	5	858,566.27	854,268.37	5	865,341.90	841,110.27	5	872,790.35	881,454.25	5	861,129.98	826,580.57
6	857,110.43	839,530.11	6	853,734.61	848,600.59	6	863,042.96	819,157.23	6	871,780.39	850,861.90	6	868,668.05	861,352.54
7	866,632.13	853,273.72	7	852,582.85	857,236.02	7	847,250.71	837,017.58	7	869,533.70	852,089.36	7	853,719.04	865,000.86
8	888,287.99	854,620.83	8	877,653.05	867,949.30	8	879,961.74	848,276.44	8	874,921.33	843,808.45	8	848,356.94	866,455.19
9	874,925.05	838,409.24	9	858,258.21	844,850.28	9	869,937.73	859,456.49	9	850,144.11	851,680.22	9	857,374.06	848,185.21
10	865,513.75	859,456.63	10	859,623.11	867,130.31	10	879,565.37	857,076.88	10	891,419.85	874,986.10	10	870,711.27	849,842.31
Menor	853,968.65	838,409.24	Menor	852,582.85	840,779.77	Menor	847,250.71	819,157.23	Menor	850,144.11	832,889.73	Menor	848,356.94	826,580.57

Juego 16			Juego 17			Juego 18			Juego 19			Juego 20		
	PIA V	Recocido		PIA V	Recocido		PIA V	Recocido		PIA V	Recocido		PIA V	Recocido
1	862,520.34	840,134.72	1	859,633.33	855,908.68	1	854,235.05	846,691.13	1	874,222.43	862,784.56	1	869,925.47	842,202.29
2	856,268.93	843,170.03	2	862,735.56	857,962.83	2	847,835.56	857,039.23	2	875,615.90	839,997.63	2	882,975.68	841,605.79
3	868,767.12	837,149.97	3	877,599.66	838,633.19	3	874,558.16	851,111.53	3	860,580.72	835,458.34	3	878,023.48	874,908.54
4	871,868.55	856,967.45	4	879,357.98	843,327.04	4	874,970.54	834,811.63	4	852,602.40	865,998.82	4	863,968.61	871,695.07
5	877,313.85	835,533.53	5	867,300.90	868,495.79	5	866,534.82	848,572.22	5	886,572.13	855,868.91	5	858,027.12	863,262.04
6	866,415.06	857,184.84	6	873,525.67	835,311.31	6	873,769.32	856,268.30	6	866,279.74	860,030.67	6	891,039.58	859,763.29
7	876,803.80	837,167.65	7	865,547.96	863,355.31	7	855,969.09	838,003.65	7	880,366.19	859,469.00	7	868,000.14	858,119.53
8	857,793.93	846,395.82	8	889,201.95	848,868.71	8	874,409.06	885,666.06	8	854,488.88	872,847.13	8	882,327.91	831,877.64
9	890,611.62	858,885.94	9	857,026.57	858,239.69	9	870,384.22	850,950.93	9	882,077.95	838,079.16	9	870,983.94	847,657.49
10	886,042.95	847,758.11	10	850,253.91	847,979.66	10	866,697.93	879,863.38	10	871,507.65	830,574.47	10	889,058.93	840,842.75
Menor	856,268.93	835,533.53	Menor	850,253.91	835,311.31	Menor	847,835.56	834,811.63	Menor	852,602.40	830,574.47	Menor	858,027.12	831,877.64

Juego 21			Juego 22			Juego 23			Juego 24			Juego 25		
	PIA V	Recocido		PIA V	Recocido		PIA V	Recocido		PIA V	Recocido		PIA V	Recocido

1	872,379.78	857,304.86	1	877,819.24	850,624.46	1	871,034.60	853,715.44	1	881,210.70	846,214.60	1	873,672.34	851,644.88
2	855,416.96	860,211.85	2	856,767.33	847,094.56	2	875,177.10	852,783.97	2	875,989.69	852,130.48	2	870,834.38	840,745.53
3	861,139.13	845,024.57	3	873,320.21	845,885.13	3	869,694.83	852,311.00	3	867,892.24	845,680.71	3	862,887.21	858,423.00
4	886,234.19	833,457.55	4	874,354.38	844,968.38	4	855,176.71	843,685.27	4	877,752.63	858,049.64	4	861,357.79	862,046.32
5	870,167.17	814,692.98	5	872,866.01	841,111.17	5	848,554.46	863,234.23	5	866,936.26	845,139.36	5	873,746.69	853,031.32
6	877,910.69	861,687.13	6	870,379.03	842,979.47	6	882,201.55	833,924.34	6	868,838.94	849,679.00	6	858,776.63	848,618.23
7	877,878.81	836,206.45	7	874,173.17	845,327.94	7	872,927.63	861,887.12	7	864,115.83	857,785.58	7	878,863.54	837,661.02
8	876,152.33	854,431.38	8	860,125.36	876,709.17	8	868,731.04	820,308.29	8	887,554.68	836,701.05	8	855,173.89	841,736.82
9	863,171.59	843,694.24	9	872,278.52	837,083.96	9	862,661.36	840,363.89	9	875,541.16	855,858.26	9	843,615.60	856,826.60
10	873,330.59	860,260.23	10	866,605.02	839,618.99	10	867,818.63	868,911.32	10	868,279.26	869,811.14	10	872,762.81	829,787.36
Menor	855,416.96	814,692.98	Menor	856,767.33	837,083.96	Menor	848,554.46	820,308.29	Menor	864,115.83	836,701.05	Menor	843,615.60	829,787.36

Juego 26			Juego 27			Juego 28			Juego 29			Juego 30		
	PIA V	Recocido		PIA V	Recocido		PIA V	Recocido		PIA V	Recocido		PIA V	Recocido
1	875,019.18	867,431.65	1	861,791.26	844,433.57	1	885,265.39	846,512.57	1	849,366.67	848,602.33	1	873,228.84	838,229.20
2	867,633.67	846,904.37	2	855,261.73	829,447.14	2	863,357.81	839,989.24	2	845,862.77	839,627.83	2	857,618.15	853,266.17
3	856,023.64	833,023.78	3	859,947.43	880,777.79	3	847,997.36	844,171.64	3	845,264.29	888,544.66	3	871,334.06	856,629.02
4	881,951.72	878,754.29	4	882,519.75	826,433.14	4	884,629.30	859,222.03	4	875,398.34	855,888.00	4	850,070.65	862,462.37
5	872,328.70	835,507.51	5	864,698.42	857,250.95	5	850,074.83	857,398.74	5	856,865.68	868,223.98	5	857,061.07	878,785.91
6	880,836.59	872,875.09	6	876,235.74	836,477.47	6	887,482.97	832,807.78	6	844,844.32	869,833.79	6	854,629.51	839,927.93
7	861,335.34	845,412.88	7	850,348.71	843,263.15	7	857,662.31	838,992.16	7	849,196.69	883,438.66	7	855,500.43	831,733.19
8	860,857.66	848,916.65	8	877,899.73	820,650.75	8	867,215.86	847,378.99	8	844,519.49	856,139.85	8	866,333.08	867,159.15
9	870,229.93	838,583.88	9	862,423.78	828,008.93	9	858,743.21	860,626.69	9	861,269.78	863,744.61	9	871,955.99	871,479.41
10	881,061.49	868,516.79	10	845,426.86	857,408.83	10	884,219.41	834,900.48	10	859,304.80	884,711.49	10	866,084.16	825,087.35
Menor	856,023.64	833,023.78	Menor	845,426.86	820,650.75	Menor	847,997.36	832,807.78	Menor	844,519.49	839,627.83	Menor	850,070.65	825,087.35

Juego 31			Juego 32			Juego 33			Juego 34			Juego 35		
	PIA V	Recocido		PIA V	Recocido		PIA V	Recocido		PIA V	Recocido		PIA V	Recocido

1	867,788.31	852,640.26	1	851,913.26	857,120.46	1	858,407.23	855,071.91	1	876,141.24	851,528.02	1	869,032.26	851,787.50
2	858,867.03	847,863.34	2	866,331.92	829,050.60	2	866,902.03	828,809.27	2	871,861.05	851,924.32	2	846,383.42	863,161.09
3	885,213.42	852,535.46	3	867,795.85	857,005.84	3	868,071.46	830,390.95	3	883,052.04	825,048.17	3	862,007.56	860,846.42
4	891,732.00	871,431.03	4	864,485.51	846,574.53	4	878,626.03	858,563.21	4	871,451.07	845,397.00	4	859,855.53	846,951.95
5	871,461.61	828,387.36	5	886,354.49	845,326.43	5	853,808.03	860,235.45	5	867,077.34	852,615.85	5	888,774.17	860,066.02
6	860,370.22	844,201.50	6	858,479.08	841,614.70	6	860,781.95	841,489.10	6	849,478.74	846,204.10	6	858,187.45	851,935.13
7	865,999.19	850,395.14	7	843,082.64	864,212.54	7	867,307.44	867,148.38	7	869,512.35	851,851.76	7	881,891.52	859,304.98
8	866,563.46	843,120.10	8	871,930.12	854,635.77	8	862,849.73	849,627.98	8	868,807.66	853,524.67	8	868,622.60	825,622.17
9	880,512.27	869,910.83	9	879,970.88	861,582.78	9	873,356.93	853,748.81	9	883,997.63	831,038.01	9	876,646.42	876,372.41
10	869,888.74	869,108.70	10	858,947.45	854,898.36	10	883,251.50	846,607.47	10	875,096.45	830,991.64	10	867,631.06	821,277.56
Menor	858,867.03	828,387.36	Menor	843,082.64	829,050.60	Menor	853,808.03	828,809.27	Menor	849,478.74	825,048.17	Menor	846,383.42	821,277.56

Juego 36			Juego 37			Juego 38			Juego 39			Juego 40		
	PIA V	Recocido		PIA V	Recocido		PIA V	Recocido		PIA V	Recocido		PIA V	Recocido
1	869,275.36	849,101.82	1	854,547.81	837,399.29	1	867,029.55	849,101.82	1	853,057.62	837,399.29	1	864,406.03	828,297.15
2	867,872.66	861,247.71	2	865,745.45	838,676.64	2	865,369.97	861,247.71	2	864,396.10	838,676.64	2	873,348.64	844,606.60
3	845,914.03	856,101.76	3	863,001.16	862,946.45	3	886,106.56	856,101.76	3	863,904.60	862,946.45	3	862,346.43	846,861.11
4	855,619.64	846,165.94	4	874,011.22	830,879.59	4	854,690.73	846,165.94	4	861,612.19	830,879.59	4	856,143.85	840,498.00
5	859,871.95	840,414.08	5	875,231.81	859,057.24	5	855,291.00	840,414.08	5	877,776.53	859,057.24	5	855,104.17	838,311.45
6	875,314.16	846,185.31	6	874,669.85	843,265.83	6	871,969.70	846,185.31	6	856,517.86	843,265.83	6	873,863.04	864,336.97
7	857,786.20	843,840.57	7	886,966.36	838,659.76	7	858,742.66	843,840.57	7	868,358.76	838,659.76	7	862,224.05	844,691.61
8	859,286.21	831,217.48	8	865,306.87	847,207.08	8	849,360.16	831,217.48	8	863,559.91	847,207.08	8	873,123.92	844,286.72
9	859,054.42	842,298.12	9	885,843.66	855,193.19	9	863,863.65	842,298.12	9	882,169.50	855,193.19	9	867,044.06	843,320.02
10	858,658.13	856,997.52	10	853,029.27	825,574.14	10	865,608.00	856,997.52	10	840,358.22	825,574.14	10	873,584.88	848,017.73
Menor	845,914.03	831,217.48	Menor	853,029.27	825,574.14	Menor	849,360.16	831,217.48	Menor	840,358.22	825,574.14	Menor	855,104.17	828,297.15



Prueba de Kolmogorov-Smirnov

Algoritmo PIA V

Hipótesis

H_0 : Los valores de la muestra siguen una distribución normal.

H_1 : Los valores de la muestra no siguen una distribución normal.

Procedimiento

Media	850,297.67	Mínimo	838,301.17
Desviación Estándar	6,024.68	Máximo	864,115.83
Varianza	36,296,749.13	Datos	40

Datos Ordenados X_i	Valores Estandarizados Z_i	Probabilidad Acumulada $S_n(x_i)$	Probabilidad Acumulada Esperada F_i	Diferencias $ S_n(x_i) - F_i $
838,301.17	-1.99	0.025	0.023	0.002
840,358.22	-1.65	0.05	0.049	0.001
840,554.17	-1.62	0.075	0.053	0.022
841,113.84	-1.52	0.1	0.064	0.036
843,082.64	-1.20	0.125	0.116	0.009
843,615.60	-1.11	0.15	0.134	0.016
844,519.49	-0.96	0.175	0.169	0.006
845,426.86	-0.81	0.2	0.209	0.009
845,914.03	-0.73	0.225	0.233	0.008
846,383.42	-0.65	0.25	0.258	0.008
846,640.51	-0.61	0.275	0.272	0.003
846,757.40	-0.59	0.3	0.278	0.022
847,250.71	-0.51	0.325	0.307	0.018
847,835.56	-0.41	0.35	0.341	0.009
847,842.62	-0.41	0.375	0.342	0.033
847,997.36	-0.38	0.4	0.351	0.049
848,356.94	-0.32	0.425	0.374	0.051
848,554.46	-0.29	0.45	0.386	0.064
849,360.16	-0.16	0.475	0.438	0.037
849,478.74	-0.14	0.5	0.446	0.054
850,070.65	-0.04	0.525	0.485	0.040

850,144.11	-0.03	0.55	0.490	0.060
850,253.91	-0.01	0.575	0.497	0.078
850,383.38	0.01	0.6	0.506	0.094
852,582.85	0.38	0.625	0.648	0.023
852,602.40	0.38	0.65	0.649	0.001
853,029.27	0.45	0.675	0.675	0.000
853,808.03	0.58	0.7	0.720	0.020
853,968.65	0.61	0.725	0.729	0.004
855,104.17	0.80	0.75	0.788	0.038
855,416.96	0.85	0.775	0.802	0.027
855,675.06	0.89	0.8	0.814	0.014
856,023.64	0.95	0.825	0.829	0.004
856,268.93	0.99	0.85	0.839	0.011
856,767.33	1.07	0.875	0.859	0.016
857,495.03	1.19	0.9	0.884	0.016
858,027.12	1.28	0.925	0.900	0.025
858,867.03	1.42	0.95	0.923	0.027
861,958.56	1.94	0.975	0.974	0.001
864,115.83	2.29	1	0.989	0.011

Resultados

Máxima Diferencia	0.094
Significancia de la prueba	0.05
Valor Crítico	0.21012

Se ACEPTA la hipótesis nula

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

Algoritmo Recocido Simulado

Hipótesis

H_0 : Los valores de la muestra siguen una distribución normal.

H_1 : Los valores de la muestra no siguen una distribución normal.

Procedimiento

Media	829,533.42	Mínimo	814,692.98
Desviación Estándar	6,739.86	Máximo	842,013.16
Varianza	45,425,748.11	Datos	40

Datos Ordenados X_i	Valores Estandarizados Z_i	Probabilidad Acumulada $S_n(x_i)$	Probabilidad Acumulada Esperada F_i	Diferencias $ S_n(x_i) - F_i $
814,692.98	-2.20	0.025	0.014	0.011
819,157.23	-1.54	0.05	0.062	0.012
819,357.05	-1.51	0.075	0.066	0.009
820,308.29	-1.37	0.1	0.086	0.014
820,650.75	-1.32	0.125	0.094	0.031
820,713.20	-1.31	0.15	0.095	0.055
821,232.01	-1.23	0.175	0.109	0.066
821,277.56	-1.22	0.2	0.110	0.090
822,528.33	-1.04	0.225	0.149	0.076
825,048.17	-0.67	0.25	0.253	0.003
825,087.35	-0.66	0.275	0.255	0.020
825,574.14	-0.59	0.3	0.278	0.022
825,574.14	-0.59	0.325	0.278	0.047
826,580.57	-0.44	0.35	0.331	0.019
827,084.24	-0.36	0.375	0.358	0.017
828,297.15	-0.18	0.4	0.427	0.027
828,387.36	-0.17	0.425	0.432	0.007
828,809.27	-0.11	0.45	0.457	0.007
829,050.60	-0.07	0.475	0.471	0.004
829,787.36	0.04	0.5	0.515	0.015
830,574.47	0.15	0.525	0.561	0.036

831,217.48	0.25	0.55	0.599	0.049
831,217.48	0.25	0.575	0.599	0.024
831,877.64	0.35	0.6	0.636	0.036
832,594.07	0.45	0.625	0.675	0.050
832,807.78	0.49	0.65	0.686	0.036
832,889.73	0.50	0.675	0.691	0.016
833,023.78	0.52	0.7	0.698	0.002
834,349.85	0.71	0.725	0.763	0.038
834,811.63	0.78	0.75	0.783	0.033
835,311.31	0.86	0.775	0.804	0.029
835,502.84	0.89	0.8	0.812	0.012
835,533.53	0.89	0.825	0.813	0.012
835,812.47	0.93	0.85	0.824	0.026
836,701.05	1.06	0.875	0.856	0.019
837,083.96	1.12	0.9	0.869	0.031
838,409.24	1.32	0.925	0.906	0.019
839,627.83	1.50	0.95	0.933	0.017
840,779.77	1.67	0.975	0.952	0.023
842,013.16	1.85	1	0.968	0.032

Resultados

Máxima Diferencia	0.090
Significancia de la prueba	0.05
Valor Crítico	0.21012

Se ACEPTA la hipótesis nula

Prueba F

Prueba F para varianzas de dos muestras

H_0 : Las varianzas son significativamente homogéneas

H_1 : Las varianzas son significativamente diferentes

	PIA V	Recocado
Media	850,297.67	829,533.42
Varianza	36,296,749.13	45,425,748.11
Observaciones	40	40
Grados de libertad	39	39
F	1.252	
Valor crítico para F (una cola)	1.704	

Se ACEPTA la hipótesis nula

Se concluye que las varianzas **son significativamente homogéneas**

Prueba Z

En principio, la prueba t-Student es adecuada para la verificación de las medias entre 2 tratamientos, sin embargo al ser el número de datos mayor a 30, ésta prueba se comporta como la distribución Z

	PIA V	Recocido Simulado
Media	850,297.67	829,533.42
Varianza	36,296,749.13	45,425,748.11
Observaciones	40	40
Z		14.527
Valor crítico de Z (una cola)		1.645

Prueba de una cola

H_0 : La media de Recocido Simulado es mayor o igual que la media del PIA V

H_1 : La media de Recocido Simulado es menor que la media del PIA V

Dado que el estadístico z pertenece a la región crítica ($z > 1.645$), entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta que la media del Recocido Simulado es menor que la media del PIA V

Se RECHAZA la hipótesis nula