

## **Análisis dinámico de los efectos del sistema de residuos sólidos bajo el enfoque de sistemas en la ciudad de Chimbote**

Dynamic analysis of the effects of the solid waste system under the systems approach in the city of Chimbote

Análise dinâmica dos efeitos do sistema de resíduos sólidos sob a abordagem de sistemas na cidade de Chimbote

Carlos E. Vega Moreno\*

---

### **Resumen**

El objetivo fue Analizar los efectos de los residuos sólidos en la ciudad de Chimbote mediante un modelo dinámico basado en el enfoque de sistemas. El tipo de investigación es aplicada, de nivel Descriptivo. Para el procedimiento de recolección de datos se utilizó el software de simulación Stella y VenSim, Los resultados nos indican que al incrementar la población Chimbotana, incrementa las toneladas de basura; de una población de 540 451.14 habitantes que generan 421.81 toneladas de basura. En los resultados de las políticas tenemos que las empresas a nivel nacional generan mayor dinero recaudado que los intermediarios de las empresas locales al venderse los residuos sólidos por toneladas, mientras la venta a empresa locales fue de S/.732 287.84 las ventas realizadas a empresas a nivel nacional es mayor con S/. 829 005.10.

**Palabras clave:** análisis dinámico; efectos del sistema; residuos sólidos.

---

### **Abstract**

The objective was to analyze the effects of solid waste in the city of Chimbote using a dynamic model based on the systems approach. The type of research is applied, Descriptive level. For the data collection procedure, the Stella and VenSim simulation software was used. The results indicate that by increasing the Chimbotana population, it increases the tons of garbage; of a population of 540 451.14 inhabitants that generate 421.81 tons of garbage. In the results of the policies we have that the companies at national level generate more money collected than the intermediaries of the local companies when the solid waste is sold by tons, while the sale to local companies was S / .732 287.84 the sales made to companies nationwide it is higher with S / . 829 005.10.

**Keywords:** dynamic analysis; system effects; solid waste.

---

### **Resumo**

O objetivo foi analisar os efeitos dos resíduos sólidos na cidade de Chimbote usando um modelo dinâmico baseado na abordagem de sistemas. O tipo de pesquisa é aplicado, nível descritivo. Para o procedimento de coleta de dados, foi utilizado o software de simulação Stella e VenSim. Os resultados indicam que, aumentando a população de Chimbotana, aumenta as toneladas de lixo; de uma população de 540 451,14 habitantes que geram 421,81 toneladas de lixo. Nos resultados das políticas, temos que as empresas em nível nacional geram mais dinheiro arrecadado do que os intermediários das empresas locais quando o resíduo sólido é vendido em toneladas, enquanto a venda para empresas locais foi de S/ 732 287,84. empresas em todo o país é maior com S/. 829 005.10.

**Palavras-chave:** análise dinâmica; efeitos do sistema; resíduos sólidos.

---

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Santa, Chimbote – Perú.

Autor para correspondencia: [cvegamoreno@hotmail.com](mailto:cvegamoreno@hotmail.com) (C. Vega).

**Recibido: 14 de setiembre del 2019 Aceptado: 10 de noviembre del 2019**

## Introducción

Chimbote se considera como una de las tres ciudades más contaminadas del país, cuenta actualmente con más de 240 mil habitantes.

La producción de residuos sólidos es producto de las actividades humanas y económicas que se realizan en distintos espacios. Una ciudad como Lima, con una población creciente, produce tres veces más residuos sólidos domésticos por día, que la suma del total de residuos producidos por las siete ciudades con mayor producción (Chiclayo, Arequipa, Chimbote, Cusco, Pucallpa, Piura y Trujillo). En Chimbote se produce diariamente 250.00 toneladas de residuos sólidos (SIGERSOL, 2011).

El sistema de residuos sólidos mal gestionado genera contaminación como es la producción de gases nocivos para las personas así como al medioambiente. Los residuos inorgánicos mal tratados producen tóxicos (caso de las pilas) y mayor consumo de energía.

La Ingeniería de Sistemas aplicando el enfoque de sistemas utiliza teorías (Teoría General de Sistemas y la Cibernética), Metodologías (Pensamiento de Sistemas, Dinámica de Sistemas y Metodología de Sistemas Blandos) y herramientas informáticas (Software como Vensim o Stella) que permita modelar y simular sistemas de gran complejidad.

Senge (1992) "El pensamiento sistémico en un marco conceptual, un cuerpo de conocimientos y herramientas que se han desarrollado en los últimos cincuenta años".

El objeto de estudio de la investigación es el estudio y mejoramiento del sistema de residuos sólidos en la ciudad de Chimbote.

El propósito de la presente investigación consiste en determinar cuáles son los efectos del mal manejo y uso de los residuos sólidos en la ciudad de Chimbote.

También podemos considerar como propósito de la presente investigación la utilización de un modelo dinámico basado en el enfoque de sistemas que nos permita mejorar la gestión de los residuos sólidos en la ciudad de Chimbote.

Este estudio es importante porque permitió analizar los efectos del sistema de residuos sólidos bajo una metodología sistémica basado en la dinámica de sistemas la misma que presentará una propuesta de modelo de gestión.

Se justifica debido a que a partir del análisis del sistema mediante el modelo dinámico permitirá presentar propuestas que permita dar un giro en la cultura de la población mediante una

educación que involucre la conservación del medio ambiente. Permitirá presentar propuestas de proyectos de inversión para generar empleo permanente. Finalmente con el modelo de gestión dinámica propuesto podríamos observar los efectos en la contaminación ambiental en Chimbote.

El objetivo de este estudio fue analizar los efectos de los residuos sólidos en la ciudad de Chimbote mediante un modelo dinámico basado en el enfoque de sistemas.

## Metodología

El tipo de investigación es aplicada: porque aplica conocimientos teóricos adquiridos en la solución de nuevos problemas y a partir de ella generar nuevos conocimientos. Soto (2016) se caracteriza por su interés en la aplicación de los conocimientos teóricos a determinada situación concreta y las consecuencias prácticas que de ella se deriven.

Tomando como referencia lo indicado por Hernández *et al.* (2010), este estudio está basado en la detección de características específicas. Además, la recolección de la información sobre la variable y sus componentes, se realiza de manera independiente y conjunta, para luego someterlos al análisis.

## Resultados y discusión

Para Road Maps (2013) esta metodología integra distintas fases integradoras, "las tres primeras fases teóricas del proyecto, mientras que la segunda dimensión denominada técnico es la parte que integra las herramientas de modelación y simulación de un modelo dinámico". Como se puede observar en la Tabla 1 Chimbote produce 300 toneladas diarias de basura, ello equivale a la población de Chimbote que es 384,381.00. Habitantes, si tenemos en cuenta la tasa de crecimiento poblacional que es de 1,182 (Population.City, 2018). Quiere decir que para el siguiente mes tendríamos 421,81 toneladas de basura con una población de 540 451,14.

Como se puede observar en la Tabla 2 la basura acumulada de los habitantes de Chimbote se clasifica en residuos domiciliarios que son la gran mayoría de residuos sólidos que genera Chimbote y los otros residuos se encuentran entre cartón vidrio etc.

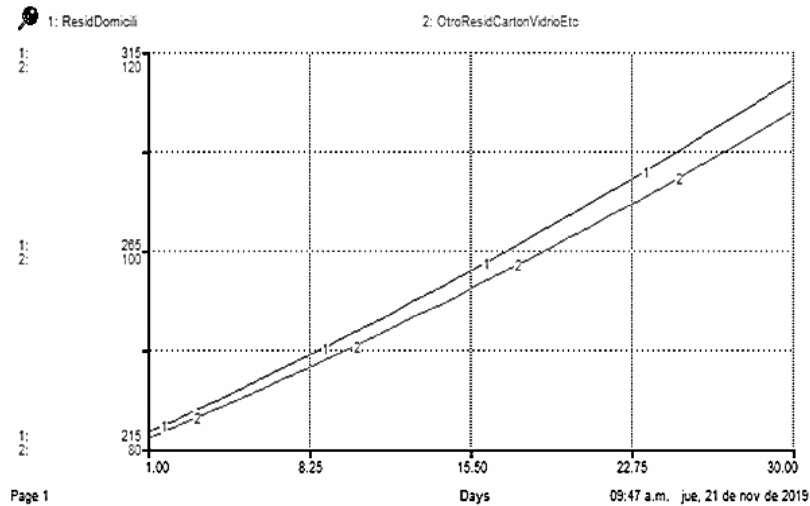


Figura 1. Sector2: 1 generación residuos sólidos Chimbote.

Siendo estos menores como se puede apreciar en el cuadro. De las 300 toneladas acumuladas, el primer día se tiene 219 toneladas de residuos domiciliarios y 81 toneladas entre cartón vidrio etc. y en un mes las toneladas de basura acumulada será 10605,32 toneladas, de 300 que se inició al día. Como se puede observar en la Figura 1 los residuos domici-

liarios que es la línea 1 está por encima de la línea 2, lo que indica que ambos se incrementan, pero los residuos domiciliarios son mayores que los demás esto se debe a que en otros residuos se contempla a vidrios, pilas, desechos de jardinería, etc. y estos se da con menor frecuencia en los domicilios.

Tabla 1

Sector1: Población Chimbotana

Días	PoblaciónChimbote	Toneladas
1	384 381,00	300
2	388 924,38	303,55
3	393 521,47	307,13
4	398 172,89	310,76
5	402 879,30	314,44
6	407 641,33	318,15
7	412 459,65	321,91
8	417 334,92	325,72
9	422 267,82	329,57
10	427 259,03	333,47
11	432 309,23	337,41
12	437 419,13	341,39
13	442 589,42	345,43
14	447 820,83	349,51
15	453 114,07	353,64
16	458 469,88	357,82
17	463 888,99	362,05
18	469 372,16	366,33
19	474 920,14	370,66
20	480 533,69	375,04
21	486 213,60	379,48
22	491 960,65	383,96
23	497 775,62	388,5
24	503 659,33	393,09
25	509 612,58	397,74
26	515 636,20	402,44
27	521 731,02	407,2
28	527 897,88	412,01
29	534 137,64	416,88
Final	540 451,14	421,81

Tabla 2

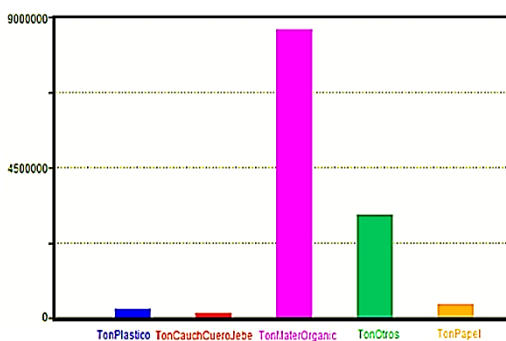
Sector2: Generación Residuos Sólidos Chimbote

Días	Res_Domicili	Otros Res	Ton Basura
1	219	81	300
2	221,59	81,96	600
3	224,21	82,93	903,55
4	226,86	83,91	1 210,68
5	229,54	84,9	1 521,44
6	232,25	85,9	1 835,88
7	235	86,92	2 154,04
8	237,78	87,94	2 475,95
9	240,59	88,98	2 801,67
10	243,43	90,04	3 131,24
11	246,31	91,1	3 464,71
12	249,22	92,18	3 802,11
13	252,16	93,27	4 143,51
14	255,14	94,37	4 488,94
15	258,16	95,48	4 838,45
16	261,21	96,61	5 192,09
17	264,3	97,75	5 549,92
18	267,42	98,91	5 911,97
19	270,58	100,08	6 278,31
20	273,78	101,26	6 648,97
21	277,02	102,46	7 024,02
22	280,29	103,67	7 403,49
23	283,61	104,9	7 787,46
24	286,96	106,14	8 175,96
25	290,35	107,39	8 569,05
26	293,78	108,66	8 966,79
27	297,25	109,94	9 369,23
28	300,77	111,24	9 776,43
29	304,32	112,56	10 188,44
Final			10605,32

**Tabla 3**  
Sector4: Reaprovechamiento Residuos Sólidos

Días	Generación	ResdReaprov	Reutiliza
1	219	150	90
2	438	279	167,4
3	659,59	549,6	329,76
4	883,8	879,43	527,66
5	1 110,65	1 235,57	741,34
6	1 340,19	1 604,88	962,93
7	1 572,45	1 982,15	1 189,29
8	1 807,44	2 365,30	1 419,18
9	2 045,22	2 753,57	1 652,14
10	2 285,81	3 146,65	1 887,99
11	2 529,23	3 544,46	2 126,68
12	2 775,54	3 947,02	2 368,21
13	3 024,76	4 354,35	2 612,61
14	3 276,92	4 766,50	2 859,90
15	3 532,07	5 183,52	3 110,11
16	3 790,23	5 605,48	3 363,29
17	4 051,44	6 032,42	3 619,45
18	4 315,74	6 464,41	3 878,65
19	4 583,16	6 901,50	4 140,90
20	4 853,75	7 343,77	4 406,26
21	5 127,53	7 791,25	4 674,75
22	5 404,55	8 244,03	4 946,42
23	5 684,84	8 702,16	5 221,30
24	5 968,45	9 165,71	5 499,43
25	6 255,41	9 634,73	5 780,84
26	6 545,76	10 109,30	6 065,58
27	6 839,54	10 589,48	6 353,69
28	7 136,80	11 075,33	6 645,20
29	7 437,56	11 566,93	6 940,16
Final		12064,33	

En la Tabla 3, respecto al reaprovechamiento de los residuos sólidos comparándolo con la reutilización de estos residuos se puede observar que se reutiliza aproximadamente el 60%, el primer día hay 150 toneladas de residuos reaprovechables, mientras que en la reutilización se aprovecha 90, el segundo día 279,00 y se aprovecha el 167,40 respectivamente y así sucesivamente según especificado en la tasa de reutilización.



**Figura 2.** Sector3: 2. Clasificación de residuos sólidos.

Como se puede observar en la Figura 2 clasificación de residuos sólidos según su clasificación, las toneladas de material orgánico son las que más se acumulan, mientras que las

menores son el caucho, cuero y jebe. La columna cuatro representa a los otros materiales presentes en los residuos sólidos que son sujetos de reciclaje que por teoría representan el 27% del total.

Como se puede observar en la tabla 4 respecto a la entrada en almacén de los residuos sólidos entran el primer día 78,30 toneladas, el segundo día 145,64 toneladas basadas en el comportamiento de las tasas de residuos sólidos orgánicos y los residuos para su reutilización. La variable almacén de residuo solidos a pesar de ser un acumulador presenta una variación en el día 2 (baja el valor respecto al día anterior); esto se debe a que existe una variable de flujo de salida hacia el sector recepcionamiento y transporte (sector 6).

**Tabla 4**  
Sector5: Segregación de residuos sólidos en la fuente

Días	EntraAlmacen	AlmacenRes
1	78,3	100
2	145,64	98,3
3	286,89	163,94
4	459,06	370,83
5	644,97	749,89
6	837,75	1 314,86
7	1 034,68	2 072,61
8	1 234,69	3 027,29
9	1 437,36	4 181,97
10	1 642,55	5 539,34
11	1 850,21	7 101,88
12	2 060,34	8 872,09
13	2 272,97	10 852,44
14	2 488,11	13 045,41
15	2 705,80	15 453,52
16	2 926,06	18 079,32
17	3 148,92	20 925,38
18	3 374,42	23 994,31
19	3 602,59	27 288,73
20	3 833,45	30 811,31
21	4 067,03	34 564,76
22	4 303,39	38 551,79
23	4 542,53	42 775,18
24	4 784,50	47 237,71
25	5 029,33	51 942,21
26	5 277,06	56 891,54
27	5 527,71	62 088,59
28	5 781,32	67 536,30
29	6 037,94	73 237,62
Final		79195,56

Como se puede observar en la Tabla 5 la variable EntradaRecep que ingresa a la variable Botadero sus valores son constantes igual a 80 toneladas diarias. La variable botadero el primer día es 50 toneladas y al cabo de un mes será de 443,20 toneladas. La variable Comercializ Informal representan el 18% del valor del botadero es por ello que es creciente dado que el botadero tiene ese

comportamiento; el primer día se comercializa 9 toneladas y dentro de un mes 79,73 toneladas. La política a implementar en el diagrama forrester son los sectores: planta recicladora, comercialización a nivel local y comercialización a nivel nacional.

**Tabla 5**

Sector6: Recepcionamiento y transporte de Residuos Sólidos

Días	EntraRece	Botadero	ComInforma
1	80	50	9
2	80	121	21,78
3	80	179,22	32,26
4	80	226,96	40,85
5	80	266,11	47,9
6	80	298,21	53,68
7	80	324,53	58,42
8	80	346,12	62,3
9	80	363,81	65,49
10	80	378,33	68,1
11	80	390,23	70,24
12	80	399,99	72
13	80	407,99	73,44
14	80	414,55	74,62
15	80	419,93	75,59
16	80	424,34	76,38
17	80	427,96	77,03
18	80	430,93	77,57
19	80	433,36	78,01
20	80	435,36	78,36
21	80	436,99	78,66
22	80	438,33	78,9
23	80	439,43	79,1
24	80	440,34	79,26
25	80	441,08	79,39
26	80	441,68	79,5
27	80	442,18	79,59
28	80	442,59	79,67
29	80	442,92	79,73
Final		443,2	

**Tabla 6**

Políticas del Presupuesto de empresas comercializadoras

Días	EntraRece	Botade
1	0	0
2	1 200,00	1 060,00
3	14 280,00	12 614,00
4	37 848,00	33 432,40
5	83 805,60	74 028,28
6	186 918,00	165 110,90
7	407 109,50	359 613,39
8	829 005,10	732 287,84
9	1 560 510,81	1 378 451,21
10	2 731 135,79	2 412 503,29
11	4 490 325,01	3 966 453,76
12	7 005 898,32	6 188 543,51
13	10 462 624,43	9 241 984,91
14	15 060 931,78	13 303 823,07
Final	21015748,85	18563911,49

Como se puede observar en la Tabla 6 se puede notar que el dinero que se obtiene por la venta de toneladas de residuos sólidos reciclados a empresas de nivel nacional es mayor que el dinero recaudado al venderse a los intermediarios (empresas locales). Por ejemplo, en el día 8 la venta a empresa locales fue de S/.732287,84 mientras las ventas realizadas a empresas a nivel nacional es S/. 829 005,10.

## Conclusiones

Se desarrolló el diagrama causal de la situación actual del sistema de residuos sólidos y observa la estructura del sistema en términos relaciones de influencia entre las variables y los bucles de realimentación: 4 bucles negativos y 4 bucles positivos. Se desarrolló el diagrama forrester, representados en 6 sectores.

Se validó el modelo dinámico mediante la simulación con los datos recolectados, haciendo uso del software simulador Stella versión 9.0.2.

Se propuso políticas de cambio en la estructura del modelo sistémico actual, que son 4 como: implementación del sistemas de gestión de recolección de residuos sólidos para la provincia del santa, eliminar el flujo entre el subsistema de comercialización de residuos sólidos del distrito de Chimbote y la empresas comercializadoras locales, implementar en el modelo sistémico las empresas de comercialización de nivel nacional dado que estos ofrecen mejores precios por toneladas 120 contra 106 soles por tonelada respectivamente y la creación de una planta de tratamiento de residuos sólidos, los reciclados de las empresas a nivel nacional es mayor que el dinero recaudado al venderse a los intermediarios en las empresas locales el día 8 la venta a empresa locales

## Referencias bibliográficas

- Hernández, R.; Fernández, C.; Baptista, P. 2010. Metodología de la Investigación. Mc Graw Hill.
- Population.City. 2018. Chimbote Población. Poblaciones de países y ciudades en todo el mundo. Disponible en: <http://poblacion.population.city/peru/chimbote/>
- Road Maps. Guía Aprendizaje de la Dinámica de Sistemas. Disponible en: [http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/publicacionez/metodologia\\_del\\_proyecto\\_de\\_dinamica\\_de\\_sistemas.pdf](http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/publicacionez/metodologia_del_proyecto_de_dinamica_de_sistemas.pdf).
- Senge, P. 1998. La quinta disciplina. Barcelona. España. Ed. Granica S.A.

SIGERSOL. 2011. Sistema de información para la Gestión de residuos sólidos. Ministerio del Ambiente, Perú.  
Soto, M. 2016. Gestión de residuos Municipales y su incidencia en la contaminación ambiental en el distrito

de San Agustín de cajas, provincia Huancayo y región Junín. Tesis para optar el título profesional de Ingeniería de Sistemas, Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.