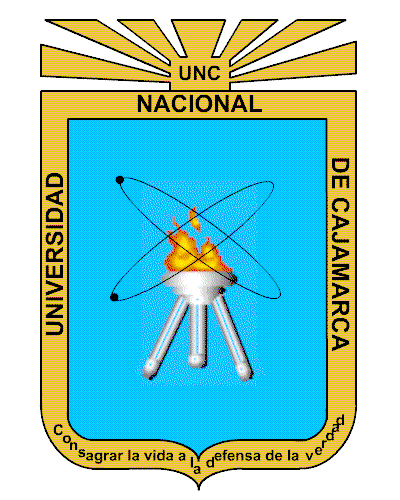
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

****

**“PROPUESTA DE UN MODELO USANDO HERRAMIENTAS DE LA DINÁMICA DE SISTEMAS PARA LA REDUCCIÓN DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN EL TRANSPORTE PÚBLICO DENTRO DE LA RUTA CAJAMARCA – CELENDÍN”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE SISTEMAS

BACHILLER : PEREZ SILVA WILLIAM JHANPIER

ASESORA: ING. FERNANDEZ VARGAS AMALIA

CAJAMARCA – PERÚ

2018

**COPYRIGHT © 2018 by.**

**William Jhanpier Pérez Silva**

**Todos los derechos reservados**

**AGRADECIMIENTO**

**En primer lugar, quiero expresar mi agradecimiento a Dios por guiarme por el camino del bien y la sabiduría.**

**Seguidamente quiero dar las gracias a mi familia, especialmente a mis abuelos Víctor Silva y Juanita Urquía, a mi mamá Nancy Silva, a Renán Malaver que hizo las veces de padre; mis hermanos, mis tíos; entre ellos a Flor Pérez y Fidel Ortiz por su amor, cariño y comprensión. A mi linda Flor de María, por su apoyo incondicional en todo momento y a William Mateo, mi hijo.**

**Asimismo, quiero agradecer a la Ing. Amalia Fernández y al Ing. Roger Sánchez por su paciencia, dedicación y apoyo incondicional que me han brindado para realizar este trabajo de investigación. Gracias por el apoyo ofrecido desde que empecé esta investigación.**

**Gracias a mis amigos, por su apoyo moral y humano necesarios para seguir trabajando día a día en este proyecto de investigación.**

**A todos, muchas gracias.**

**DEDICATORIA**

**A mi abuelo Víctor Silva Sánchez, por haber guiado mis pasos por el camino del bien, para andar siempre en busca de un porvenir mejor.**

**ÍNDICE GENERAL**

[**AGRADECIMIENTO** iii](#_Toc4150892)

[**DEDICATORIA** iv](#_Toc4150893)

[**ÍNDICE GENERAL** v](#_Toc4150894)

[**ÍNDICE DE FIGURAS** x](#_Toc4150895)

[**ÍNDICE DE TABLAS** xii](#_Toc4150896)

[**RESUMEN** 13](#_Toc4150897)

[**ABSTRACT** 14](#_Toc4150898)

[**CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN** 15](#_Toc4150899)

[**CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO** 18](#_Toc4150900)

[2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN 18](#_Toc4150901)

[**2.1.1** **ANTECEDENTES INTERNACIONALES** 18](#_Toc4150902)

[**2.1.2** **ANTECEDENTES NACIONALES** 19](#_Toc4150903)

[**2.1.3** **ANTECEDENTES LOCALES** 21](#_Toc4150904)

[2.2 BASES TEÓRICAS 21](#_Toc4150905)

[**2.2.1** **EL ENFOQUE SISTÉMICO** 21](#_Toc4150906)

[**2.2.1.1** **DEFINICIÓN** 21](#_Toc4150907)

[**2.2.1.2** **SISTEMAS DUROS Y SISTEMAS BLANDOS** 24](#_Toc4150908)

[**2.2.1.2.1** **SISTEMAS DUROS** 24](#_Toc4150909)

[**2.2.1.2.2** **SISTEMAS BLANDOS** 24](#_Toc4150910)

[**2.2.1.2.3** **SUBSISTEMAS DE UN SISTEMA** 25](#_Toc4150911)

[**2.2.1.3** **EL CONCEPTO DE SISTEMA** 25](#_Toc4150912)

[**2.2.1.4** **DOS ENFOQUES: ANALÍTICO Y SISTÉMICO** 26](#_Toc4150913)

[**2.2.1.4.1** **ENFOQUE ANALÍTICO** 26](#_Toc4150916)

[**2.2.1.4.2** **ENFOQUE SISTÉMICO** 26](#_Toc4150917)

[**2.2.2** **DINÁMICA DE SISTEMAS** 27](#_Toc4150918)

[**2.2.2.1** **DEFINICIONES** 27](#_Toc4150919)

[**2.2.2.2** **VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA DINÁMICA DE SISTEMAS.** 28](#_Toc4150920)

[**2.2.2.2.1** **VENTAJAS** 28](#_Toc4150923)

[**2.2.2.2.2** **DESVENTAJAS** 29](#_Toc4150924)

[**2.2.2.3** **METODOLOGÍA DE LA DINÁMICA DE SISTEMAS** 29](#_Toc4150925)

[**2.2.2.3.1** **SELECCIÓN DEL TIPO DE MODELO** 31](#_Toc4150927)

[**2.2.2.3.2** **PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO EN DINÁMICA DE SISTEMAS** 31](#_Toc4150928)

[**2.2.2.3.3** **ESTRUCTURA DE UN MODELO DE SISTEMA DINÁMICO** 32](#_Toc4150929)

[**2.2.2.4** **CUADRO PICTOGRÁFICO** 33](#_Toc4150930)

[**2.2.2.5** **DIAGRAMA CAUSAL** 33](#_Toc4150931)

[**2.2.2.6** **BUCLES DE REALIMENTACIÓN** 35](#_Toc4150932)

[**2.2.2.6.1** **BUCLES DE REALIMENTACIÓN POSITIVA O DE ESFUERZO** 35](#_Toc4150939)

[**2.2.2.6.2** **BUCLES DE REALIMENTACIÓN NEGATIVA O ESTABILIZADORES** 36](#_Toc4150940)

[**2.2.2.7** **DIAGRAMA FORRESTER** 38](#_Toc4150941)

[**2.2.2.7.1** **VARIABLES DE NIVEL** 40](#_Toc4150944)

[**2.2.2.7.2** **VARIABLES DE FLUJO** 40](#_Toc4150945)

[**2.2.2.7.3** **VARIABLES AUXILIARES** 41](#_Toc4150946)

[**2.2.2.7.4** **VARIABLES DE TIPO CAUSA O GENERADORES** 41](#_Toc4150947)

[**2.2.2.7.5** **VARIABLES DE TIPO CONSECUENCIA** 41](#_Toc4150948)

[**2.2.2.7.6** **VARIABLES DE TIPO MANIFESTACIÓN** 41](#_Toc4150949)

[**2.2.2.7.7** **VARIABLES DE TIPO MEDIDA** 42](#_Toc4150950)

[**2.2.2.8** **RETARDOS** 42](#_Toc4150951)

[**2.2.2.9** **REPRESENTACIÓN MATEMÁTICA** 44](#_Toc4150954)

[**2.2.2.10** **CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DEL SOFTWARE** 44](#_Toc4150955)

[**2.2.2.10.1** **VENSIM PLE** 44](#_Toc4150958)

[**2.2.3** **METODOLOGÍA DE LOS SISTEMAS BLANDOS** 46](#_Toc4150960)

[2.2.3.1 **ETAPAS PARA EL ANÁLISIS DE LA METODOLOGÍA DE SISTEMAS BLANDOS** 46](#_Toc4150961)

[**2.2.3.1.1** **SITUACIÓN NO ESTRUCTURADA DEL PROBLEMA** 47](#_Toc4150962)

[**2.2.3.1.2** **SITUACIÓN ESTRUCTURADA DEL PROBLEMA** 47](#_Toc4150963)

[**2.2.3.1.3** **ELABORACIÓN DE DEFINICIONES BÁSICAS** 48](#_Toc4150964)

[**2.2.3.1.4** **ELABORACIÓN Y PRUEBA DE LOS MODELOS CONCEPTUALES** 48](#_Toc4150965)

[**2.2.3.1.5** **COMPARACIÓN DE 4 VERSUS 2** 48](#_Toc4150966)

[**2.2.3.1.6** **CAMBIOS FACTIBLES Y DESEABLES** 49](#_Toc4150967)

[**2.2.3.1.7** **IMPLANTACIÓN DE LOS CAMBIOS EN EL MUNDO REAL** 49](#_Toc4150968)

[**2.2.4** **ACCIDENTES DE TRÁNSITO** 49](#_Toc4150969)

[**2.2.4.1** **DEFINICIONES** 49](#_Toc4150970)

[**2.2.4.2** **FACTORES CAUSANTES DE LOS ACCIDENTES** 50](#_Toc4150971)

[**2.2.4.3** **FACTOR HUMANO** 50](#_Toc4150974)

[**2.2.4.3.1** **LA DISTRACCIÓN** 50](#_Toc4150979)

[**2.2.4.3.2** **DISTRACCIÓN DURANTE LA CONDUCCIÓN** 51](#_Toc4150980)

[**2.2.4.3.3** **ALCOHOLISMO.** 51](#_Toc4150981)

[**2.2.4.3.4** **REALIZAR MANIOBRAS IMPRUDENTES Y DE OMISIÓN POR PARTE DEL CONDUCTOR.** 54](#_Toc4150982)

[**2.2.4.3.5** **SALUD FÍSICA Y MENTAL DEL CONDUCTOR O PEATÓN NO APTAS.** 54](#_Toc4150983)

[**2.2.4.4** **FALLAS VEHICULARES** 54](#_Toc4150984)

[**2.2.4.5** **FACTOR CLIMATOLÓGICO Y OTROS.** 54](#_Toc4150985)

[**2.2.4.6** **TIPOS DE VEHÍCULOS INVOLUCRADOS** 54](#_Toc4150986)

[**2.2.4.7** **CONSECUENCIA DEL ACCIDENTE DE TRÁNSITO** 55](#_Toc4150987)

[**2.2.4.7.1** **DAÑOS MATERIALES**, **LESIONES Y MUERTE** 55](#_Toc4150992)

[**2.2.4.8** **SEÑALES DE TRÁNSITO** 55](#_Toc4150993)

[**2.2.4.8.1** **TIPOS DE SEÑALES DE TRÁNSITO** 55](#_Toc4150996)

[**2.2.4.9** **TRANSPORTE** 56](#_Toc4150997)

[**2.2.4.9.1** **ELEMENTOS DEL TRANSPORTE** 56](#_Toc4151000)

[2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS 57](#_Toc4151001)

[**CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS** 60](#_Toc4151002)

[3.1 PROCEDIMIENTO 60](#_Toc4151003)

[**3.1.1** **LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN** 60](#_Toc4151004)

[**3.1.2** **DESARROLLO METODOLÓGICO** 62](#_Toc4151005)

[**3.1.2.1** **ETAPA I: SITUACIÓN NO ESTRUCTURADA DEL PROBLEMA** 62](#_Toc4151010)

[**3.1.2.1.1** **VARIABLES CAUSA O GENERADORAS** 62](#_Toc4151011)

[**3.1.2.1.2** **VARIABLES CONSECUENCIA** 76](#_Toc4151012)

[**3.1.2.1.3** **VARIABLES MANIFESTACIONES** 80](#_Toc4151013)

[**3.1.2.1.4** **VARIABLE MEDIDA** 80](#_Toc4151014)

[**3.1.2.2** **ETAPA II: SITUACIÓN ESTRUCTURADA DEL PROBLEMA** 82](#_Toc4151015)

[**3.1.2.2.1** **DIAGRAMA PICTOGRÁFICO** 82](#_Toc4151016)

[**3.1.2.2.2** **DIAGRAMA CAUSAL** 83](#_Toc4151017)

[**3.1.2.2.3** **DIAGRAMA FORRESTER** 100](#_Toc4151018)

[**3.1.3** **DEFINICIÓN BÁSICA DEL PROBLEMA** 101](#_Toc4151019)

[**3.1.4** **MODELO DE SOLUCIÓN PROPUESTO** 101](#_Toc4151020)

[**3.1.4.1** **DIAGRAMA CAUSAL PROPUESTO** 101](#_Toc4151021)

[**3.1.4.2** **DIAGRAMA FORRESTER PROPUESTO** 109](#_Toc4151022)

[**3.1.5** **BUCLES ELEGIDOS A SIMULAR** 110](#_Toc4151023)

[**3.1.5.1** **DIAGRAMA CAUSAL CON LOS BUCLES ELEGIDOS A SIMULAR SIN VARIABLES SOLUCIÓN** 110](#_Toc4151024)

[**3.1.5.2** **DIAGRAMA CAUSAL CON LOS BUCLES ELEGIDOS A SIMULAR CON VARIABLES SOLUCIÓN** 112](#_Toc4151025)

[**3.1.5.3** **DIAGRAMA FORRESTER CON LOS BUCLES ELEGIDOS A SIMULAR SIN VARIABLES SOLUCIÓN** 114](#_Toc4151026)

[**3.1.5.4** **DIAGRAMA FORRESTER CON LOS BUCLES ELEGIDOS A SIMULAR SIN VARIABLES SOLUCIÓN** 116](#_Toc4151027)

[**3.1.5.5** **DIAGRAMA CAUSAL DEL PRIMER BUCLE ELEGIDO.** 118](#_Toc4151028)

[**3.1.5.5.1** .**PRIMER BUCLE ELEGIDO SIN VARIABLES SOLUCIÓN** 119](#_Toc4151029)

[**3.1.5.5.2** **PRIMER BUCLE ELEGIDO CON VARIABLES SOLUCIÓN** 120](#_Toc4151030)

[**3.1.5.6** **DIAGRAMA CAUSAL DEL SEGUNDO BUCLE ELEGIDO.** 121](#_Toc4151031)

[**3.1.5.6.1** **SEGUNDO BUCLE ELEGIDO SIN VARIABLES SOLUCIÓN** 122](#_Toc4151032)

[**3.1.5.6.2** **SEGUNDO BUCLE ELEGIDO CON VARIABLES SOLUCIÓN** 123](#_Toc4151033)

[**3.1.5.7** **DIAGRAMA CAUSAL DEL TERCER BUCLE ELEGIDO.** 124](#_Toc4151034)

[**3.1.5.7.1** **TERCER BUCLE ELEGIDO SIN VARIABLES SOLUCIÓN** 125](#_Toc4151035)

[**3.1.5.7.2** **TERCER BUCLE ELEGIDO CON VARIABLES SOLUCIÓN** 126](#_Toc4151036)

[**3.1.5.8** **DIAGRAMA FORRESTER DEL PRIMER BUCLE ELEGIDO.** 127](#_Toc4151037)

[**3.1.5.8.1** **PRIMER BUCLE ELEGIDO SIN VARIABLES SOLUCIÓN** 128](#_Toc4151038)

[**3.1.5.8.2** **PRIMER BUCLE ELEGIDO CON VARIABLES SOLUCIÓN** 129](#_Toc4151039)

[**3.1.5.9** **DIAGRAMA FORRESTER DEL SEGUNDO BUCLE ELEGIDO.** 130](#_Toc4151040)

[**3.1.5.9.1** **SEGUNDO BUCLE ELEGIDO SIN VARIABLES SOLUCIÓN** 131](#_Toc4151041)

[**3.1.5.9.2** **SEGUNDO BUCLE ELEGIDO CON VARIABLES SOLUCIÓN** 132](#_Toc4151042)

[**3.1.5.10** **DIAGRAMA FORRESTER DEL TERCER BUCLE ELEGIDO.** 133](#_Toc4151043)

[**3.1.5.10.1** **TERCER BUCLE ELEGIDO SIN VARIABLES SOLUCIÓN** 133](#_Toc4151044)

[**3.1.5.10.2** **TERCER BUCLE ELEGIDO CON VARIABLES SOLUCIÓN** 134](#_Toc4151045)

[3.2 TRATAMIENTO, ANÁLISIS DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS 134](#_Toc4151046)

[**3.2.1** **ECUACIONES MATEMÁTICAS OBTENIDAS DEL DIAGRAMA FORRESTER** 135](#_Toc4151047)

[**3.2.1.1** **ECUACIONES MATEMÁTICAS DEL PRIMER BUCLE** 135](#_Toc4151048)

[**3.2.1.2** **ECUACIONES MATEMÁTICAS DEL SEGUNDO BUCLE** 138](#_Toc4151049)

[**3.2.1.3** **ECUACIONES MATEMÁTICAS DEL TERCER BUCLE** 141](#_Toc4151050)

[**3.2.2** **SIMULACIÓN DE NUESTRO MODELO** 143](#_Toc4151051)

[**3.2.2.1** **SIMULACIÓN DE BUCLES ELEGIDOS** 143](#_Toc4151052)

[**3.2.2.1.1** **SIMULACIÓN DEL PRIMER BUCLE** 143](#_Toc4151053)

[**3.2.2.1.2** **SIMULACIÓN DEL SEGUNDO BUCLE** 148](#_Toc4151054)

[**3.2.2.1.3** **SIMULACIÓN DEL TERCER BUCLE** 152](#_Toc4151055)

[**3.2.3** **PARA LA EVALUACIÓN DEL MODELO** 156](#_Toc4151056)

[**CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS** 157](#_Toc4151057)

[4.1 CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS 157](#_Toc4151058)

[4.2 DISCUSIÓN DE LA METODOLOGÍA 159](#_Toc4151059)

[4.3 DISCUSIÓN EN LA ELABORACIÓN DEL MODELO 162](#_Toc4151060)

[4.4 DISCUSIÓN EN DETERMINAR EL NIVEL DE INFLUENCIA 162](#_Toc4151061)

[4.5 DISCUSIÓN EN LA SIMULACIÓN DEL MODELO 163](#_Toc4151062)

[**CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES** 165](#_Toc4151063)

[5.1 CONCLUSIONES 165](#_Toc4151064)

[5.2 RECOMENDACIONES 166](#_Toc4151065)

[**ANEXOS** 171](#_Toc4151066)

[ANEXO 1 172](#_Toc4151067)

[ANEXO 2 174](#_Toc4151068)

[ANEXO 3 179](#_Toc4151069)

**ÍNDICE DE FIGURAS**

[**Figura 1: Modelo de sistema** 26](file:///F:\Jhanpier\William%20Jhanpier\UNC\Tesis%20-%20Pregrado\Documentos\Tesis-WilliamJhanpierPerezSilva-v.12.(100%25).docx#_Toc4151070)

[**Figura 2: Bucle de realimentación positiva.** 36](file:///F:\Jhanpier\William%20Jhanpier\UNC\Tesis%20-%20Pregrado\Documentos\Tesis-WilliamJhanpierPerezSilva-v.12.(100%25).docx#_Toc4151071)

[**Figura 3: Comportamientos generados del sistema de primer orden con realimentación positivo.** 36](file:///F:\Jhanpier\William%20Jhanpier\UNC\Tesis%20-%20Pregrado\Documentos\Tesis-WilliamJhanpierPerezSilva-v.12.(100%25).docx#_Toc4151072)

[**Figura 4: Bucle de realimentación negativa.** 37](file:///F:\Jhanpier\William%20Jhanpier\UNC\Tesis%20-%20Pregrado\Documentos\Tesis-WilliamJhanpierPerezSilva-v.12.(100%25).docx#_Toc4151073)

[**Figura 5: Comportamientos generados del sistema de primer orden con realimentación negativa.** 38](file:///F:\Jhanpier\William%20Jhanpier\UNC\Tesis%20-%20Pregrado\Documentos\Tesis-WilliamJhanpierPerezSilva-v.12.(100%25).docx#_Toc4151074)

[**Figura 6: Diagrama Forrester elemental.** 38](file:///F:\Jhanpier\William%20Jhanpier\UNC\Tesis%20-%20Pregrado\Documentos\Tesis-WilliamJhanpierPerezSilva-v.12.(100%25).docx#_Toc4151075)

[**Figura 7: Elementos del diagrama Forrester.** 39](file:///F:\Jhanpier\William%20Jhanpier\UNC\Tesis%20-%20Pregrado\Documentos\Tesis-WilliamJhanpierPerezSilva-v.12.(100%25).docx#_Toc4151076)

[**Figura 8: Representaciones alternativas de un flujo en el diagrama de Forrester.** 41](file:///F:\Jhanpier\William%20Jhanpier\UNC\Tesis%20-%20Pregrado\Documentos\Tesis-WilliamJhanpierPerezSilva-v.12.(100%25).docx#_Toc4151077)

[**Figura 9: Diagrama causal de la regulación de la temperatura de una ducha .** 43](file:///F:\Jhanpier\William%20Jhanpier\UNC\Tesis%20-%20Pregrado\Documentos\Tesis-WilliamJhanpierPerezSilva-v.12.(100%25).docx#_Toc4151078)

[**Figura 10: Respuesta oscilante de la regulación de la temperatura de una ducha.** 43](file:///F:\Jhanpier\William%20Jhanpier\UNC\Tesis%20-%20Pregrado\Documentos\Tesis-WilliamJhanpierPerezSilva-v.12.(100%25).docx#_Toc4151079)

[**Figura 11: Esquema de la metodología de sistemas blandos.** 47](file:///F:\Jhanpier\William%20Jhanpier\UNC\Tesis%20-%20Pregrado\Documentos\Tesis-WilliamJhanpierPerezSilva-v.12.(100%25).docx#_Toc4151080)

[**Figura 12: Triangulo accidentologico** 50](file:///F:\Jhanpier\William%20Jhanpier\UNC\Tesis%20-%20Pregrado\Documentos\Tesis-WilliamJhanpierPerezSilva-v.12.(100%25).docx#_Toc4151081)

[**Figura 13 : Ubicación geográfica de la ruta Cajamarca – Celendín.** 61](#_Toc4151082)

[**Figura 14: Diagrama pictográfico.** 82](#_Toc4151083)

[**Figura 15: Diagrama causal.** 84](#_Toc4151084)

[**Figura 16: Diagrama Forrester.** 100](#_Toc4151085)

[**Figura 17: Diagrama causal propuesto.** 108](#_Toc4151086)

[**Figura 18: Diagrama Forrester propuesto.** 109](#_Toc4151087)

[**Figura 19: Diagrama causal elegido.** 111](file:///F:\Jhanpier\William%20Jhanpier\UNC\Tesis%20-%20Pregrado\Documentos\Tesis-WilliamJhanpierPerezSilva-v.12.(100%25).docx#_Toc4151088)

[**Figura 20: Diagrama causal elegido con variables solución.** 113](file:///F:\Jhanpier\William%20Jhanpier\UNC\Tesis%20-%20Pregrado\Documentos\Tesis-WilliamJhanpierPerezSilva-v.12.(100%25).docx#_Toc4151089)

[**Figura 21: Diagrama Forrester elegido.** 115](file:///F:\Jhanpier\William%20Jhanpier\UNC\Tesis%20-%20Pregrado\Documentos\Tesis-WilliamJhanpierPerezSilva-v.12.(100%25).docx#_Toc4151090)

[**Figura 22: Diagrama Forrester elegido con variables solución.** 117](file:///F:\Jhanpier\William%20Jhanpier\UNC\Tesis%20-%20Pregrado\Documentos\Tesis-WilliamJhanpierPerezSilva-v.12.(100%25).docx#_Toc4151091)

[**Figura 23: Primer bucle a simular.** 119](file:///F:\Jhanpier\William%20Jhanpier\UNC\Tesis%20-%20Pregrado\Documentos\Tesis-WilliamJhanpierPerezSilva-v.12.(100%25).docx#_Toc4151092)

[**Figura 24: Primer bucle a simular con variables solución**. 120](file:///F:\Jhanpier\William%20Jhanpier\UNC\Tesis%20-%20Pregrado\Documentos\Tesis-WilliamJhanpierPerezSilva-v.12.(100%25).docx#_Toc4151093)

[**Figura 25: Segundo bucle a simular.** 122](file:///F:\Jhanpier\William%20Jhanpier\UNC\Tesis%20-%20Pregrado\Documentos\Tesis-WilliamJhanpierPerezSilva-v.12.(100%25).docx#_Toc4151094)

[**Figura 26: Segundo bucle a simular con variables solución.** 123](file:///F:\Jhanpier\William%20Jhanpier\UNC\Tesis%20-%20Pregrado\Documentos\Tesis-WilliamJhanpierPerezSilva-v.12.(100%25).docx#_Toc4151095)

[**Figura 27: Tercer bucle a simular.** 125](file:///F:\Jhanpier\William%20Jhanpier\UNC\Tesis%20-%20Pregrado\Documentos\Tesis-WilliamJhanpierPerezSilva-v.12.(100%25).docx#_Toc4151096)

[**Figura 28: Tercer bucle a simular con variables solución.** 126](file:///F:\Jhanpier\William%20Jhanpier\UNC\Tesis%20-%20Pregrado\Documentos\Tesis-WilliamJhanpierPerezSilva-v.12.(100%25).docx#_Toc4151097)

[**Figura 29: Primer diagrama Forrester a simular.** 128](#_Toc4151098)

[. **Figura 30: Primer diagrama Forrester a simular con variable solución.** 129](file:///F:\Jhanpier\William%20Jhanpier\UNC\Tesis%20-%20Pregrado\Documentos\Tesis-WilliamJhanpierPerezSilva-v.12.(100%25).docx#_Toc4151099)

[**Figura 31: Segundo diagrama Forrester a simular** 131](#_Toc4151100)

[**Figura 32: Segundo diagrama Forrester a simular con variables solución.** 132](file:///F:\Jhanpier\William%20Jhanpier\UNC\Tesis%20-%20Pregrado\Documentos\Tesis-WilliamJhanpierPerezSilva-v.12.(100%25).docx#_Toc4151101)

[**Figura 33: Tercer diagrama Forrester a simular.** 133](#_Toc4151102)

[**Figura 34: Tercer diagrama Forrester a simular con variables solución.** 134](file:///F:\Jhanpier\William%20Jhanpier\UNC\Tesis%20-%20Pregrado\Documentos\Tesis-WilliamJhanpierPerezSilva-v.12.(100%25).docx#_Toc4151103)

[**Figura 35: Primer bucle simulado sin variables solución.** 143](#_Toc4151104)

[**Figura 36: Gráfica del primer bucle sin variables solución.** 144](#_Toc4151105)

[**Figura 37: Primer bucle simulado con variables solución.** 146](#_Toc4151106)

[**Figura 38: Gráfica del primer bucle con variables solución.** 147](#_Toc4151107)

[**Figura 39: Segundo bucle simulado sin variables solución.** 148](#_Toc4151108)

[**Figura 40: Gráfica del segundo bucle sin variables solución.** 149](#_Toc4151109)

[**Figura 41: Segundo bucle simulado con variables solución.** 151](#_Toc4151110)

[**Figura 42: Gráfica del segundo bucle con variables solución.** 151](#_Toc4151111)

[**Figura 43: Tercer bucle simulado sin variables solución.** 152](#_Toc4151112)

[**Figura 44: Gráfica del tercer bucle sin variables solución.** 153](#_Toc4151113)

[**Figura 45: Gráfica del tercer bucle con variables solución.** 154](#_Toc4151114)

[**Figura 46: Gráfica del tercer bucle con variables solución.** 155](#_Toc4151115)

[**Figura 47: Validación de instrumento** 172](file:///F:\Jhanpier\William%20Jhanpier\UNC\Tesis%20-%20Pregrado\Documentos\Tesis-WilliamJhanpierPerezSilva-v.12.(100%25).docx#_Toc4151116)

[**Figura 48: Validación de instrumento**. 173](file:///F:\Jhanpier\William%20Jhanpier\UNC\Tesis%20-%20Pregrado\Documentos\Tesis-WilliamJhanpierPerezSilva-v.12.(100%25).docx#_Toc4151117)

**ÍNDICE DE TABLAS**

[**Tabla 1: Nivel del contenido de alcohol en la sangre.** 52](#_Toc4151118)

[**Tabla 2 : Niveles para el diagrama causal.** 85](#_Toc4151119)

[**Tabla 3: Flujos para el diagrama causal.** 86](#_Toc4151120)

[**Tabla 4: Tasas para el diagrama causal.** 87](#_Toc4151121)

[**Tabla 5: Variables exógenas para el diagrama causal.** 89](#_Toc4151122)

[**Tabla 6: Variables auxiliares del diagrama causal.** 91](#_Toc4151123)

[**Tabla 7: Variables solución.** 106](#_Toc4151124)

[**Tabla 8: Ecuaciones matemáticas del primer bucle.** 135](#_Toc4151125)

[**Tabla 9: Ecuaciones matemáticas del segundo bucle.** 138](#_Toc4151126)

[**Tabla 10: Ecuaciones matemáticas del tercer bucle.** 141](#_Toc4151127)

[**Tabla 11: Tabla de evaluación del primer bucle simulado.** 145](#_Toc4151128)

[**Tabla 12: Tabla de evaluación del segundo bucle simulado.** 150](#_Toc4151129)

[**Tabla 13: Tabla de evaluación del segundo bucle simulado**. 154](#_Toc4151130)

[**Tabla 14: Variable nivel con valores reales.** 179](#_Toc4151131)

[**Tabla 15: Variables flujo con valores reales.** 179](#_Toc4151132)

[**Tabla 16: Variables auxiliares con valores reales.** 180](#_Toc4151133)

[**Tabla 17: Tasas con valores reales.** 181](#_Toc4151134)

[**Tabla 18: Variables exógenas con valores reales.** 182](#_Toc4151135)

**RESUMEN**

El presente trabajo de investigación busca resolver la problemática de los accidentes de tránsito que ocurren dentro de la ruta de Cajamarca – Celendín, en la región de Cajamarca. Teniendo como objetivo general diseñar un modelo usando herramientas de la dinámica de sistemas para la reducción de dichos accidentes de tránsito que ocurren en el transporte público dentro de la ruta antes mencionada. Para lo cual el autor ha seguido algunos pasos, empezando con la definición del problema, seguidamente la conceptualización, luego la formalización, la evaluación y por último explotación de dicho modelo. La cantidad de accidentes de tránsito ocurridos hasta la actualidad han ido incrementado constantemente durante los últimos años, esto debido principalmente a factores como, la embriaguez del conductor, la excesiva velocidad, los factores climatológicos, fallas mecánicas del vehículo y el sueño del conductor. Estos factores causales son de conocimiento de las diferentes autoridades competentes pero aún no existen medidas específicas para contrarrestar esta problemática, en tal sentido se planteó como solución diseñar dicho modelo, partiendo desde un diagrama pictográfico, siguiendo con el diagrama causal hasta la obtención de un modelo Forrester, en el cual estén involucradas diferentes variables del tipo causales, del tipo consecuencia y principalmente la incorporación de las variables auxiliares y exógenas consideradas por el autor como solucionadoras. Para el desarrollo del presente trabajo de investigación el autor ha hecho uso la metodología de los sistemas blandos de Peter Checkland, cuyas etapas principales usadas en la investigación son: Situación no estructurada del problema y situación estructurada del problema y posteriormente la simulación de algunos bucles elegidos del modelo Forrester. Para la simulación el autor ha tenido conveniente escoger tres bucles. Dicha simulación gira en torno a la variable del tipo nivel ***“vehículos accidentados”***. Como resultado de la simulación de los tres bucles se demostró que la incorporación específica de variables consideradas como solucionadoras ayudará considerablemente a la disminución de los accidentes de tránsito en dicha ruta.

PALABRAS CLAVE: Accidentes de tránsito, dinámica de sistemas, ruta.

**ABSTRACT**

The present research work seeks to solve the problem of traffic accidents that occur within the route of Cajamarca - Celendín, in the Cajamarca region. With the objective of designing a model using systems dynamics tools for the reduction of such traffic accidents that occur in public transport within the aforementioned route. For which the author has followed some steps, starting with the definition of the problem, then the conceptualization, then the formalization, evaluation and finally exploitation of said model. The number of traffic accidents that have occurred to date have been constantly increasing in recent years, mainly due to factors such as excessive speed, drunk drivers, and weather conditions. These causal factors are known to the different competent authorities but there are still no specific measures to counteract this problem, so as a solution to design said model, starting from a pictographic diagram, following the causal diagram to obtain a model Forrester, in which different variables of the causal type are involved, of the consequence type and mainly the incorporation of the auxiliary and exogenous variables considered by the author as solvers. For the development of this research work the author has made use of Peter Checkland's methodology, whose main stages used in the investigation are: Unstructured situation of the problem and structured situation of the problem and later the simulation of some Forrester model loops. For the simulation the author has had to choose three loops. This simulation revolves around the variable of the level "accident vehicles". As a result of the simulation of the three loops, it was shown that the specific incorporation of variables considered as solvers will considerably help the decrease in traffic accidents on said route.

KEYWORDS: Traffic accidents, system dynamics, route

# **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN**

Actualmente en el Perú y en el mundo, la cantidad de accidentes de tránsito con respecto a anteriores años, se ha venido incrementado considerable e indiscriminadamente. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), 3500 personas fallecen en las carreteras diariamente. Decenas de millones de personas sufren heridas o discapacidades cada año. Los niños, las mujeres y ancianos son los usuarios más vulnerables de la vía pública y de las carreteras.

La presente investigación se realiza en la ruta Cajamarca – Celendín. Esta ruta cuenta con una distancia de 102 Km. Abarca las jurisdicciones de la provincia de Cajamarca y la provincia de Celendín, ambas provincias pertenecen a la región de Cajamarca. La ruta conecta a los distritos de Cajamarca, Baños del Inca, La Encañada y Celendín. A orillas de la ruta de investigación se encuentran una gran cantidad de caseríos. En la ruta, además de la gran afluencia peatonal que existe, también se observa el contacto constante con animales vacunos de la zona y la notable existencia de fenómenos climatológicos que se dan en los últimos y primeros meses de cada año, afectando considerablemente a la transitabilidad de los vehículos. En los últimos años en las ciudades como Cajamarca, La Encañada y Celendín la población se ha ido incrementando contantemente, ante este incremento considerado de la población, el número de viajes entre ambas ciudades también ha ido en incremento. Debido a ello, los accidentes de tránsito no son ajenos en esta ruta, las principales causas de los accidentes se debe principalmente a las condiciones climatológicas adversas, cruce imprudente del algún peatón, excesiva velocidad y conductores en estado de ebriedad. Como es sabido, los accidentes de tránsito generan incalculables pérdidas, que afectan emocional y económicamente a las familias.

Frente a la problemática expuesta, se formula la siguiente pregunta: *¿Cómo reducir los accidentes de tránsito en el transporte público dentro de la ruta Cajamarca - Celendín, con la propuesta de un modelo usando herramientas de la dinámica de sistemas?*, y en búsqueda de una solución al problema, se plantea la siguiente hipótesis: *La propuesta de un modelo usando herramientas de la dinámica de sistemas, reducirá los accidentes de tránsito en el transporte público dentro de la ruta Cajamarca – Celendín.*

La investigación a desarrollarse, cubre la problemática actual en la ruta desde la ciudad de Cajamarca, hasta la ciudad de Celendín, pasando por el distrito de La Encañada. Con la creación de un modelo desarrollado con herramientas de la dinámica de sistemas, se garantiza obtener un panorama más real y objetivo sobre las principales causas de los accidentes de tránsito que ocurren en la ruta y los efectos que estos traen consigo. De esta manera, con la presencia de las variables solucionadoras en nuestro modelo sistémico se logra brindar una solución más objetiva a esta problemática.

El objetivo general de esta investigación es el siguiente: *Diseñar un modelo usando herramientas de la dinámica de sistemas para la reducción de accidentes de tránsito en el transporte público dentro de la ruta Cajamarca – Celendín.* Para lograr lo cual se tiene que lograr los siguientes objetivos específicos: *Determinar en qué porcentaje disminuyen los accidentes de tránsito en la ruta Cajamarca – Celendín, haciendo uso de variables auxiliares consideradas como solucionadoras,* así como *identificar variables auxiliares consideradas como solucionadoras y la función porcentual que cumplen dentro de nuestros modelos obtenidos, esto debido al comportamiento del sistema obtenido y el sistema propuesto, en condiciones normales y ante modificaciones de algunas de sus variables,* además *realizar la simulación en el programa Vensim PLE con variables solución y sin variables solución de tres bucles elegidos de los dos diagramas Forrester obtenidos, investigar el uso de las herramientas de dinámica de sistemas, en los sistemas blandos que permitan un mejor diseño de la problemática tratada en esta investigación,* finalmente; *construir el modelo dinámico que represente el problemática de los accidentes de tránsito, en el transporte público ocurridos en la ruta Cajamarca – Celendín.*

El desarrollo de la presente investigación abarca cinco capítulos. En el capítulo I, se hace una breve introducción a la investigación que se realiza. En el capítulo II se describe el marco teórico compuesto principalmente por los antecedentes y las bases teóricas que sustentan el presente trabajo de investigación. El capítulo III es materiales y métodos donde se describe y aplica paso a paso el marco de trabajo o metodología utilizada para desarrollar el diseño del modelo sistémico. En el capítulo IV, análisis y discusión de resultados, se describen, analizan e interpretan los resultados obtenidos en el capítulo anterior, teniendo en cuenta los objetivos y la hipótesis planteada, así como las bases teóricas que se referenciaron anteriormente. Finalmente, en el capítulo V, conclusiones y recomendaciones, se presentan las conclusiones más importantes derivadas de los resultados obtenidos y se hacen las recomendaciones para seguir ampliando los conocimientos sobre este tema de investigación.

**CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

## **ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **ANTECEDENTES INTERNACIONALES**

Iñaki en su tesis *modelo de dinámica de sistemas para la implantación de tecnologías de la información en la gestión estratégica universitaria*, menciona que su investigación aporta valor desde el punto de vista metodológico que difiere del enfoque clásico de la dinámica de sistemas. Nos centramos en la identificación del problema, en la construcción y en la validación del modelo de simulación sobre la base de las variables y relaciones existentes en la literatura, con objeto de construir un corpus teórico coherente y novedoso que sirva como base el aprendizaje en la toma de decisiones a la hora de implantar sistemas de información de alto impacto organizacional. El autor concluye que la identificación temprana del problema ayudará a identificar de manera correlativa las diferentes variables (causales, auxiliares, exógenas, etc.), para de esta manera realizar la simulación sobre la base de las mismas, además con la interrelación de las diferentes variables obtenidas, ayudarán a formar un robusto modelo sistémico que permitirá tomar mejores decisiones [1].

Moscoso, Perdomo, y Mayorga en su tesis *modelado de sistemas de transporte masivo empleando dinámica de sistemas: Caso transmilenio S.A*. Mencionan que con la aplicación de dinámica de sistemas para el caso del sistema de transporte masivo se logra comprender holísticamente el sistema a partir de un escenario muestra, en este sentido la técnica sirve para entender, interpretar y validar sistemas o arquitecturas sistémicas complejas por el número de actores, variables o restricciones que en ella misma intervienen. Los autores señalan que ha sido posible identificar como al intervenir un mayor número de variables dentro del modelo es posible llegar a comprender el sistema de transporte de manera que los actores que tienen la gobernabilidad del sistema pueden tomar las mejores decisiones en términos del servicio, la satisfacción y percepción buscando incrementar la competitividad del sistema a nivel local. El autor concluye que, la dinámica de sistemas ayudará a entender el sistema sobre los accidentes de tránsito en su total magnitud, a partir de un escenario muestra, gracias al involucramiento de un número determinado de actores, variables o restricciones específicos que intervienen en dicho sistema. Además, gracias al involucramiento de la mayor cantidad posible de variables, es posible llegar a comprender mejor el sistema [2].

Zúñiga en su tesis *modelado y simulación mediante dinámica de sistemas del funcionamiento general de un establecimiento de elaboración primaria de yerba mate.* Acerca de la dinámica de sistemas concluye con lo siguiente: La dinámica de sistemas constituye una herramienta muy útil para modelar cualquier tipo de sistema que incluya flujos de realimentación entre sus variables. Facilita la comprensión y observación del comportamiento general del sistema en condiciones normales y ante escenarios alternativos, permitiendo observar cómo influyen en él las políticas que lo determinan y qué cambios podrían obtenerse ante modificaciones en el comportamiento de sus variables. La construcción de un modelo mediante dinámica de sistemas requiere un alto conocimiento del sistema y la capacidad de representar matemáticamente comportamientos cualitativos, donde es muy importante el criterio del modelador. Se debe representar en forma detallada cada ecuación, sin posibilidad de errores, para que el software sea capaz de comprender y simular el comportamiento que deseamos representar, siendo muy importante determinar los parámetros adecuados para obtener un modelo confiable. Es necesario incorporar elementos que muchas veces no se encuentran explícitos, que adquieren mucha importancia en el comportamiento del modelo y reelaborar varias veces las ecuaciones planteadas, incorporando elementos adicionales y comparando resultados hasta obtener un modelo lo más representativo posible del sistema real, en tal sentido; conocer sobre el funcionamiento de la dinámica de sistemas, nos ayuda a ver un problema de manera holística. El autor concluye que las interrelaciones de las variables ayudan a determinar con mayor precisión el problema, además facilita la comprensión general del sistema. Estas interrelaciones ayudan a obtener de manera más objetiva las ecuaciones matemáticas. Las interrelaciones de las variables se entiende como una unidad cuyos elementos interaccionan juntos, ya que continuamente se afectan unos a otros, de modo que operan hacia una meta común [3].

### **ANTECEDENTES NACIONALES**

Chú en su tesis, *características de los accidentes de tránsito terrestres y sus consecuencias médicas físicas inmediatas en las personas involucradas que son atendidas en el hospital de emergencias José Casimiro Ulloa. Ministerio de Salud.* Concluye que las lesiones leves en los accidentes de tránsito fueron debido a contusiones en más de una ubicación anatómica que se presentaron en los ocupantes de los vehículos de tres o más ruedas y las lesiones graves correspondieron a fracturas en pelvis y miembros inferiores mientras que las lesiones fatales fueron debido a trauma torácico, en ambos casos los afectados fueron los peatones. Las lesiones leves producidas en los ocupantes de vehículos de tres o más ruedas fueron ocasionadas por automóviles de trasporte particular al igual las lesiones fatales ocurridas en los peatones. Las combis o custer de transporte público produjeron lesiones graves en los ocupantes de los vehículos de tres o más ruedas, los accidentes leves en su mayoría son producidos por el transporte particular, al igual que las lesiones fatales ocurridas en los peatones, además el transporte público produce un mayor porcentaje de lesiones graves. Por lo tanto, es imperativo que todos los organismos responsables en general consideren este problema con la gravedad que reviste y por las consecuencias que representa, en busca de las medidas pertinentes con el propósito de revertir dicha situación. Se concluye que la cantidad de accidentes de tránsito del tipo graves se dan con mayor frecuencia en el transporte público, mientras que los accidentes de tránsito del tipo leves se dan en el transporte privado [4].

Castillo en su tesis *análisis de riesgo de seguridad vial en la nueva carretera costanera en el tramo pueblo nuevo (ciudad de Ilo) – fundición southern peru copper corporatión (spcc),* concluye que los peligros por factor ambiental como nieblas y precipitaciones representan riesgo moderado pero su presencia no es constante durante el año con lo cual los conductores se enfrentaran en pocas veces a estos tipos de peligros. Por otro lado, los peligros por factor humano corresponden a condiciones de comportamiento y estado psicofísico del conductor los cuales pueden ser prevenibles y eliminables completamente antes de iniciar la conducción, además los peligros por factor vehicular corresponden a elementos de funcionamiento y sistema de seguridad del vehículo los cuales son prevenibles y eliminables antes de iniciar el uso de vehículo, también los peligros por factor vías corresponden a elementos físicos de la carretera que en la aplicación de controles son difíciles de eliminar pero que son prevenibles y controlables y los peligros por factor ambiental corresponden a elementos del clima que en la aplicación de controles no son eliminables pero que son prevenibles y controlables. Se concluye que el factor climatológico (neblina, lluvia, derrumbes) es uno de los factores principales que causan los accidentes de tránsito, en rutas con una geografía accidentada y/o alto andina. Además, la revisión técnica a los vehículos tendría que realizarse de manera constante principalmente en épocas donde el factor climatológico tiene mayor relevancia [5].

### **ANTECEDENTES LOCALES**

Barrantes Raúl en su tesis *influencia de los factores legal, organizacional y personal en la inclusión laboral del trabajador sordo en Cajamarca 2014, utilizando dinámica de sistemas, r*ecomienda que definir el problema se podría utilizar la metodología de sistemas blandos, utilizando el principio de hermenéutica, lo cual generaría otro trabajo de investigación de tipo teórico. El modelo propuesto permitiría realizar predicciones, para lo que se debería alcanzar un nivel de precisión elevando que permitiría predecir con exactitud los valores que tomarían las magnitudes en un instante de tiempo determinado en el futuro, lo cual generaría otro trabajo de investigación de tipo teórico. La metodología de sistemas blandos (SSM por sus siglas en inglés) de Peter Checkland, da la estructura a las situaciones y complejidades del problema, y puede permitir la organización del problema. Se concluye que la importancia de la metodología de los sistemas blandos ayuda a identificar la problemática y la realización de predicciones en un instante de tiempo, esto debido a que tienen que involucrarse en la situación problema y desde esa perspectiva, ¨vivir¨ y compartir la situación bajo estudio con los demás involucrados en la misma, los que pertenecen al sistema contenedor del problema. [6].

## **BASES TEÓRICAS**

### **EL ENFOQUE SISTÉMICO**

#### **DEFINICIÓN**

El enfoque sistémico es una forma de abordar y plantear todo tipo de problemas con vistas a una mayor eficacia y eficiencia en la acción, que se caracteriza por conceptualizar a todo objeto (material o inmaterial) como un sistema. Entendiéndose por sistema una agrupación de partes entre las que se establece alguna forma de relación que las articule en la unidad que es precisamente el sistema.

El enfoque sistémico admite la necesidad de estudiar los componentes de un sistema, pero no se limita a ello. Reconoce que los sistemas poseen características de las que carecen sus partes, pero aspira a entender esas propiedades sistémicas en función de las partes del sistema y de sus interacciones, así como en función de circunstancias ambientales. Es decir que el enfoque sistémico invita a estudiar la composición, el entorno y la estructura de los sistemas de interés [7] .

Además, para tener una idea más clara sobre el enfoque sistémico, se puede decir que es la aplicación de la teoría general de los sistemas en cualquier tipo de disciplina. En un sentido amplio, la teoría general de los sistemas se presenta como una forma sistemática y científica de aproximación y representación de la realidad y, al mismo tiempo, como una orientación hacia una práctica estimulante para formas de trabajo interdisciplinarias. En tanto paradigma científico, la teoría general de los sistemas se caracteriza por su perspectiva holística e integradora, en donde lo importante son las relaciones y los conjuntos que a partir de ellas emergen.

Los objetivos originales de la teoría general de sistemas son las siguientes:

* Impulsar el desarrollo de una terminología general que permita describir las características, funciones y comportamientos sistémicos.
* Desarrollar un conjunto de leyes aplicables a todos estos comportamientos y, por último,
* Promover una formalización (matemática) de estas leyes.

La primera formulación en tal sentido es atribuible al biólogo Ludwing von Bertalanffy en año de 1936. Para él, la teoría general de sistema debería constituirse en un mecanismo de integración entre las ciencias naturales y sociales. Esta teoría surge en respuesta al agotamiento e inaplicabilidad de los enfoques analítico – reduccionista y sus principios mecánico – causales. El principio en que se basa esta teoría es la noción de totalidad orgánica, mientras que el paradigma anterior estaba fundado en una imagen inorgánica del mundo. Los conceptos propuestos por Bertalanffy pueden ser resumidos en que existen modelos, principios y leyes que pueden ser generalizados a través de varios sistemas, sus componentes y las relaciones entre ellos “La integración y la separación representan dos aspectos fundamentalmente diferentes de la misma realidad, en el momento en que se rompe el todo se pierde alguna de sus propiedades vitales [8].

En las definiciones más corrientes se identifican los sistemas como conjuntos de elementos que guardan estrechas relaciones entre sí, que mantienen al sistema directo o indirectamente unido de modo más o menos estable y cuyo comportamiento global persigue, normalmente, algún tipo de objetivo. Esas definiciones se concentran fuertemente en procesos sistémicos internos; deben necesariamente, ser complementadas con una concepción de sistemas abiertos, en donde queda establecida como condición para la continuidad sistémica el establecimiento de un flujo de relaciones con el ambiente.

* Las perspectivas de sistemas en donde las distinciones conceptuales se concentran en una relación entre el todo (sistema) y sus partes (elementos).
* Las perspectivas de sistemas en donde las distinciones conceptuales se concentran en los procesos de frontera (sistemas / ambiente).

En el primer caso, la cualidad esencial de un sistema está dada por la interdependencia de las partes que lo integran y el orden que subyace a tal interdependencia. En el segundo, lo central son las corrientes de entradas y salidas mediante las cuales se establece una relación entre el sistema y su ambiente. Ambos enfoques son ciertamente complementarios. **La teoría general de los sistemas comprende un conjunto de enfoques que difieren de estilo y propósito, entre las cuales se encuentran la teoría de conjuntos (Mesarovic), teoría de las redes (Rapoport), cibernética (Wiener), teoría de la información (Shannon y Weaver), teoría de los autómatas (Turing), teoría de los juegos (von Neumannn), entre otras.** Por eso, la práctica del análisis aplicado de sistemas tiene que aplicar diversos modelos, de acuerdo con la naturaleza del caso y con criterios operacionales, aun cuando algunos conceptos, modelos y principios de la teoría general de sistemas – como el orden jerárquico, la diferenciación progresiva, la retroalimentación, entre otras – son aplicables a grandes rasgos a sistemas materiales, psicológicos y socioculturales.

Las características que pueden ser aplicables a cualquier sistema son:

* La interrelación de sus componentes (relación entre las partes y el todo).
* Los sistemas están ordenados en una jerarquía.
* Las partes de un sistema no son iguales al todo.
* Los sistemas pueden ser abiertos o cerrados – según la influencia con el ambiente.
* Cada sistema tiene entradas, procesos, salidas y ciclos de retroalimentación.
* Las fuerzas dentro de un sistema tienden a ser contrarias entre ellas (feedback) para mantener el equilibrio.
* Entropía.

Al buscar una relación entre la teoría organizacional con la teoría de sistemas se proponen los siguientes tipos de sistemas: racional, natural y abierto. **Los dos primeros, el racional y el natural tienden a ver la** organización **como sistemas cerrados**, esto es, separados del ambiente, en contraste, **el sistema abierto ve a la organización receptiva y dependiente del ambiente, hay una conexión entre los componentes internos y externos.**

#### **SISTEMAS DUROS Y SISTEMAS BLANDOS**

##### **SISTEMAS DUROS**

Los sistemas duros se identifican como aquellos en que interactúan hombres y máquinas. En los que se le da mayor importancia a la parte tecnológica en contraste con la parte social. La componente social de estos sistemas se considera como si la actuación o comportamiento del individuo o del grupo social sólo fuera generador de estadísticas. Es decir, el comportamiento humano se considera tomando sólo su descripción estadística y no su explicación. En los sistemas duros se cree y actúa como si los problemas consistieran sólo en escoger el mejor medio, el óptimo, para reducir la diferencia entre un estado que se desea alcanzar y el estado actual de la situación.

##### **SISTEMAS BLANDOS**

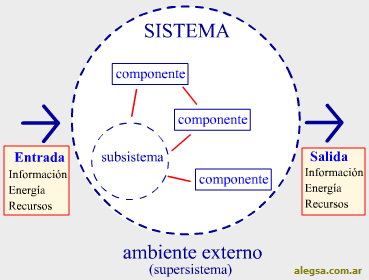
Los sistemas blandos se identifican coma aquellos en que se le da mayor importancia a la parte social. La componente social de estos sistemas se considera la primordial. El comportamiento del individuo o del grupo social se toma como un sistema con fines, con voluntad, un sistema pleno de propósitos, capaz de desplegar comportamientos, actitudes y aptitudes.

##### **SUBSISTEMAS DE UN SISTEMA**

Se denominan subsistemas las partes que conforma un sistema. Cada subsistema tiene su propia vida, pero permite que el sistema sea un todo y produce una serie de variables para establecer el estado del sistema. La función y estructura de un sistema puede ser estudiado, analizado y descrito a través de los subsistemas básicos. Tanner and Williams presentan los subsistemas desarrollados por Katz and Kahn e integran estos con las funciones de genotipo propuestas por Hoy y Miskel.

#### **EL CONCEPTO DE SISTEMA**

En la actualidad existen diferentes autores que tienes un concepto de sistema. Aracil J. y Gordillo F. nos dicen que un sistema es un objeto formado por un conjunto de partes entre las que se establece alguna forma de relación que las articula en la unidad que es precisamente el sistema. Un sistema se nos manifiesta como un aspecto de la realidad dotado de cierta complejidad precisamente por estar formado por partes de interacción. Esta interacción coordina a las partes dotando de una entidad propia. Las partes y la interacción entre ellas con los elementos básicos en esta concepción de sistema. Un sistema se percibe como algo que posee una entidad que lo distingue de su entorno, aunque mantiene interacción con él. Esta identidad permanece a lo largo del tiempo y bajo entornos cambiantes. Por lo tanto, un sistema es un cierto aspecto de la realidad al que podemos adscribir una descripción en las que básicamente se enuncien una serie de partes componentes y una forma de interacción entre ellas que suministre un vínculo que las organice en la unidad que es el sistema [9].



**Figura 1: Modelo de sistema**

#### **DOS ENFOQUES: ANALÍTICO Y SISTÉMICO**



##### **ENFOQUE ANALÍTICO**

Ferreras M. y Gay Aquiles. En su libro “*enfoque sistémico”;* esta forma de enfocar el estudio de los sistemas es la que ha prevalecido desde la Grecia clásica hasta nuestros días y es lo que llamamos el “enfoque analítico”, que parte del principio de estudiar aisladamente y con gran detalle las diferentes partes de un sistema (es decir una porción muy reducida de la realidad, lo que, como hemos dicho, implica perder la visión del conjunto). Una excepción a esta forma de razonar fue el planteo de Aristóteles que decía que “el todo es más que la suma de las partes”; proposición que fue ignorada por la visión mecanicista vigente hasta este siglo.

Recordemos que Descartes en su discurso del método, plantea que para entender algo, «se lo debe descomponer en tantos elementos simples como sea posible» Este enfoque analítico, reduccionista y determinista, y su correspondiente metodología.¿ Ha marcado y podemos decir posibilitado el gran desarrollo de las ciencias (física, química, biología, etc.), y sigue teniendo gran interés científico, habiéndose también hecho extensivo a otros campos, como por ejemplo el de la organización científica del trabajo (taylorismo). Este enfoque en principio válido cuando las variables en juego no son muchas, o sus relaciones son sencillas, es insuficiente cuando se trata de enfocar problemas complejos [10].

##### **ENFOQUE SISTÉMICO**

Además, Ferreras M. y Gay Aquiles. Nos dicen que, buscando comprender y describir la complejidad organizada, ha surgido en el curso de los últimos años un enfoque unificador, que si bien no es una idea nueva, lo que es nuevo es la integración de disciplinas realizadas en su tomo. Este enfoque transdiciplinario se llama “enfoque sistémico”. Es una «nueva metodología que permite reunir y organizar los conocimientos con vista a una mayor eficacia de la acción.» El enfoque sistémico sirve como guía para interrogarse sobre el comportamiento de un sistema. A diferencia del enfoque analítico, el enfoque sistémico engloba la totalidad de los elementos del sistema estudiado, así como sus interacciones y sus interdependencias [10].

### **DINÁMICA DE SISTEMAS**

#### **DEFINICIONES**

La dinámica de sistemas es una metodología para el estudio y manejo de sistemas de realimentación complejos. Una de las características de esta disciplina es el uso del computador para realizar sus simulaciones, lo que ofrece la posibilidad de estudiar el comportamiento y las consecuencias de las múltiples interacciones de los elementos de un sistema a través del tiempo. Esto la hace muy útil para el estudio de fenómenos sociales ya que en ellos están implicados una gran cantidad de elementos e interrelaciones en los que la presencia de no linealidades determina el comportamiento y dificultan una solución analítica. Además, los efectos de las políticas y acciones ejercidas sobre estos sistemas se manifiestan en horizontes temporales diferentes y dilatados.

Este hecho dificulta la construcción de laboratorios de experimentación donde se puedan probar diferentes políticas y observar sus consecuencias sobre el sistema. Por lo tanto, los modelos de simulación dinámica permiten estudiar cómo las políticas, decisiones, estructura y retrasos influyen en el crecimiento y la estabilidad de un sistema. Actualmente su ámbito de aplicación abarca la planificación y diseño de políticas corporativas, la gestión y las políticas públicas, los modelos biológicos y médicos, el área de la energía y el medio ambiente, el desarrollo de la teoría en ciencias naturales y sociales, la toma decisiones y la dinámica no lineal compleja.

La dinámica de sistemas fue desarrollada en los años cincuenta en el MIT (Massachusetts Institute of Technology) por el ingeniero Jay Wright Forrester. Sus trabajos cristalizaron en sus tres obras más trascendentes: “Industrial Dynamics” que analiza diversos sistemas comerciales y de gestión como el control de inventarios, la logística y la toma de decisiones; “Urban Dynamics” que estudia los problemas de la sociedad urbana, como el hacinamiento y el deterioro de las ciudades; y “World Dynamics” que se dirige a problemas como el crecimiento demográfico y la contaminación a escala global. El primer libro de Forrester, “Industrial Dynamics” sigue siendo una declaración elemental de la filosofía y metodología de la disciplina [11].

La innovación de Forrester consistió en transferir el conocimiento de la teoría de control y realimentación de la ingeniería automática a otras áreas como la organización y las ciencias sociales, proponiendo una sencilla metáfora hidrodinámica para la representación de un sistema, abstrayendo las ecuaciones diferenciales que define un sistema no lineal. Es decir, la dinámica de sistemas representa matemáticamente nuestros modelos mentales siendo una fase posterior al desarrollo de dichos modelos mentales. Las principales aplicaciones de software para la dinámica de sistemas existentes en la actualidad, simulan el correspondiente modelo matemático por medio de métodos numéricos computacionales facilitando el análisis de su comportamiento e incertidumbre a través de una interfaz gráfica amigable.

#### **VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA DINÁMICA DE SISTEMAS.**



##### **VENTAJAS**

* Permite analizar el problema en cuestión inserto dentro de un todo, con una visión holística.
* Posibilita la determinación de la red de interrelaciones entre los componentes del sistema, de manera de poder ver los bucles de relaciones causales originados por las mutuas influencias de las variables
* Facilita la explicación de dichas relaciones mediante algún tipo de formalización matemática que nos permita simular el comportamiento del sistema en condiciones de laboratorio.
* Mediante el uso de un software es posible observar el comportamiento del sistema en condiciones normales y su variación ante cambios en algunos de los parámetros, pudiendo modificar varios de éstos de forma simultánea en la interfaz y observar cómo repercuten dichos cambios en el resto de las variables y en el sistema en general de manera instantánea.
* Provee una idea del comportamiento del sistema en el mediano o largo plazo.
* Una vez construido, el modelo puede ser modificado de manera rápido con el fin de analizar diferentes políticas o escenarios.
* La dinámica de sistemas permite evaluar diferentes alternativas, además permite experimentar sin interferir en el mundo real.
* La simulación de sistemas complejos puede ayudar a entender mejor la operación del sistema, a detectar las variables más importantes que interactúan en el sistema y a entender mejor las interrelaciones entre estas variables.

##### **DESVENTAJAS**

* Al trabajar principalmente en base a análisis cualitativo, las relaciones funcionales representan criterios que no cuentan siempre con el apoyo de la evidencia o la experiencia.
* El carácter determinista de muchos modelos no permite incluir la posible reacción ante cambios futuros
* Los resultados son sensibles a variaciones de algunas entradas o parámetros.
* Algunas variables poseen comportamientos difíciles de representar matemáticamente.
* Conforme se va avanzando se dificulta el modela miento.

#### **METODOLOGÍA DE LA DINÁMICA DE SISTEMAS**

Dinámica de sistemas es una de las herramientas sistémicas más sólidamente desarrolladas y que ha alcanzado un mayor grado de aceptación e implementación. Como se mencionó anteriormente, utiliza como base la teoría general de sistemas y la cibernética para tratar de explicar el comportamiento de determinados sistemas a partir de su estructura, es decir, de las diferentes realimentaciones que se producen entre las variables que lo componen a lo largo del tiempo y que provocan cambios en él.

Posee características complementarias a las de los métodos fundamentalmente cuantitativos y de base estadística, ya que los parámetros utilizados derivan fundamentalmente de la base de datos mental y se caracterizan muchas veces por escasez de bases de datos numéricas, ya que se centra en el estudio evolutivo de patrones de comportamiento, para explicar la complejidad de los sistemas que se retroalimentan de los resultados de sus acciones.

Trata de construir (recurriendo al conocimiento de expertos y la observación) modelos dinámicos de un determinado sistema, donde los bucles de retroalimentación y la no linealidad juegan un papel primordial.

Un modelo de dinámica de sistemas es una estructura de políticas en interacción que determinan las decisiones cotidianas. En este contexto, el término política representa todas las causas formales e informales de una acción, identificadas a partir de observación del sistema y entrevistas con los directivos y operarios de la empresa. Esta información conduce a un modelo descriptivo demasiado complejo para ser resuelto fiablemente por la mente humana, por ello se recurre a la simulación por computadora. El modelo es expresado en cuanto a sus relaciones por medio de ecuaciones matemáticas y lógicas que representan el comportamiento del sistema y permiten su resolución por medio del ordenador.

De ésta forma el modelo generará flujos de decisiones controladas por las políticas, generando un determinado estado del sistema, el que se retroalimentará de los resultados obtenidos y volverá a generar flujos de decisiones que responden a políticas, y así sucesivamente. Así, es posible analizar el comportamiento del sistema, ya sea en condiciones normales o ante cambios en algunas de las condiciones, y analizar el posible efecto de incorporar políticas alternativas para cada unidad de tiempo, sin necesidad de intervenir en el sistema real, con una inversión relativamente baja y riesgo mínimo [12].

Del Despósito Zúñiga L. nos dice que es interesante aclarar que la DS no pretende lograr una previsión perfecta del futuro, sino, más bien aumentar el conocimiento acerca del sistema estudiado facilitando así una ayuda para comprender el funcionamiento del sistema y la apreciación de las posibles alternativas a seguir frente a modificaciones en algunos de sus parámetros. Consiguientemente, si el comportamiento resultante de las modificaciones es indeseable, se pueden proponer políticas alternativas que produzcan mejoras en los resultados y observar los escenarios asociados a dichas variaciones.



##### **SELECCIÓN DEL TIPO DE MODELO**

Los modelos pueden ser de gestión o predictivos. Es importante señalar la diferencia existente entre estos dos tipos de modelos, los modelos predictivos pretenden suministrar datos acerca de la situación futura del sistema modelado. Por otra parte, los modelos de gestión pretenden abordar alternativas de un sistema**. El modelo aplicado para analizar el sistema real será el de gestión ya que las relaciones estructurales eran los puntos fundamentales de la construcción del mismo** [13].

##### **PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO EN DINÁMICA DE SISTEMAS**

Para llevar a cabo la implementación de un modelo, es necesario seguir una metodología establecida que permitirá la modelación de sistemas, como se describe a continuación:

Articulación del problema; definir el problema a resolver discerniendo entre éste y sus síntomas, para establecer un propósito claro para el modelo. Formular la hipótesis dinámica; desarrollar una teoría acerca del comportamiento problemático y explicarla en términos de la estructura de flujos, niveles y realimentaciones. Formular el modelo; formalizar las ecuaciones, parámetros y condiciones iníciales del modelo.

Probar el modelo; verificar la consistencia de ecuaciones y variables con los conceptos del mundo real y asegurarse de reproducir con la mayor fidelidad dicho comportamiento. Diseñar políticas; una vez probado el modelo proceder a diseñar nuevas estrategias, estructuras y reglas de decisión.

Para lograr un buen modelaje del sistema planteado se requiere la generación de un diagrama que represente las variables presentes en el sistema y las relaciones entre cada una de ellas. Para esto la dinámica de sistemas propone la construcción de los diagramas causales o diagramas de Forrester.

##### **ESTRUCTURA DE UN MODELO DE SISTEMA DINÁMICO**

La estructura básica donde aparecen en forma alterna niveles y rapidez, pareciera representar la naturaleza de los sistemas de gerencia industrial. Los niveles determinan las decisiones que controlan las rapideces. Las rapideces ocasionan cambios en los niveles. Estos niveles y rapideces conforman seis redes interconectadas que constituyen la actividad industrial. Cinco de ellas representan materiales, órdenes, dinero, equipos de producción y personal; la sexta, es la red de información que constituye la red de conexión que interrelaciona las otras cinco.

Un modelo en particular puede volverse complicado debido a su tamaño y riqueza en detalles, pero su naturaleza fundamental seguirá siendo la misma, constituida por niveles y decisiones.

La forma de un modelo debe ser tal que permita lograr varios objetivos. El modelo debe tener las siguientes características:

* Ser capaz de describir cualquier relación de causa-efecto que se quiera incluir. Ser simple en su naturaleza matemática.
* Parecerse, en cuanto a nomenclatura, a la terminología industrial, económica y social.
* Ser extensible a un gran número de variables (incluso miles) sin exceder los límites prácticos de las computadoras digitales, y
* Ser capaz de manejar interconexiones continuas en el sentido de que cualquier discontinuidad artificial introducida por intervalos de tiempo-solución no afectará los resultados. Sin embrago, debe al mismo tiempo, ser capaz de generar cambios discontinuos en las decisiones cuando sea necesario.

Inicialmente el diagrama que se construye es el diagrama causal para luego construir el diagrama de Forrester y con base en este diagrama poder modelarlo en un programa de modelación [13].

#### **CUADRO PICTOGRÁFICO**

Los cuadros pictóricos fueron desarrollados particularmente como parte de la metodología de los sistemas suaves por Checkland, y para recopilar información sobre una situación problema y como un medio para comunicarse fácilmente con los interesados utilizando símbolos en lugar de palabras. Las figuras son un mejor medio que el texto lineal para expresar relaciones. Las imágenes pueden ayudar a considerar una situación como un todo, con un enfoque holístico, en lugar de ver la situación desde un punto de vista reduccionista. Los cuadros pictóricos se dibujan al inicio de la aplicación de la metodología de sistemas suaves (en la segunda etapa de la metodología, si se está utilizando el modelo clásico de siete etapas). Son dibujos que permiten representar las diversas características, incluyendo emociones y comportamientos, de una situación problema, como se perciben, para ser expuestos gráficamente a la vista de todos los interesados. Son selectivos y se sirven para destacar conflictos, y contribuye a la comprensión de las características culturales o sociales de la situación problema. La elaboración de cuadros pictóricos no sigue reglas fijas dependiendo mucho de las habilidades de la persona que prepara el dibujo. La selección de los puntos clave es una habilidad muy importante en el desarrollo de un cuadro pictórico, y se puede elaborar una primera versión en base a las entrevistas a los stakeholders (los interesados, los que participan en la situación). Posteriormente en una segunda rueda de entrevistas se puede mejorar el cuadro pictórico, preguntando a los stakeholders sobre sus puntos de vista.

#### **DIAGRAMA CAUSAL**

Los diagramas causales son una herramienta útil en la dinámica de sistemas. Ellos ilustran la estructura de realimentación del sistema. Al ser una concepción conceptual, también sirven para identificar los mapas mentales de las personas u organizaciones. Los diagramas causales son fundamentales para la dinámica de sistemas, pues además de lo anterior, sirven de guías para la elaboración y comprensión de los modelos. **Al diagrama causal también se le suele llamar hipótesis dinámica** [14]**.**

El conjunto de los elementos que tienen relación con nuestro problema y permiten en principio explicar el comportamiento observado, junto con las relaciones entre ellos, en muchos casos de retroalimentación, forman el sistema. El diagrama causal es un diagrama que recoge los elementos clave del sistema y las relaciones entre ellos.

Los elementos básicos son las variables o factores y los enlaces o flechas. El primer elemento de los diagramas causales es la variable que llega hacer una condición, una situación, una acción o una decisión que puede influir en, o puede ser influida por, otras variables. Una de los puntos fuertes de los diagramas causales es su capacidad de incorporar variables cualitativas, también llamadas variables soff.

El segundo elemento de los diagramas causales son las flechas o enlaces que expresan una relación de causalidad o de influencia entre dos variables, de forma que una variación en el origen de la flecha produce un cambio en la variable destino. A continuación, se muestra las flechas en la relación causal.

***ORIGEN***

***DESTINO***

Existen dos tipos de influencias: positiva y negativa. El carácter de la relación se expresa asociando un signo a la flecha. La relación de influencia positiva significa que ambas variables cambian en el mismo sentido: si la variable A aumenta (o disminuye), la variable B también aumenta (o disminuye) [15].

* **Relación de influencia positiva.**

A continuación, se representa una relación de influencia negativa. El signo negativo indica que las variables de los dos extremos de la flecha varían en sentido opuesto: si la variable A aumenta (o disminuye), entonces la variable B disminuye (o aumenta). A continuación, se muestra la influencia positiva.

***A***

***B***

***+***

* **Relación de influencia negativa.**

Ahora bien, la relación entre A y B puede ser directamente proporcional o inversamente proporcional. En este sentido, los diagramas causales o ciclos de alimentación asignan signos a las flechas que relacionan todo par de variables siendo positivo si la relación es directa, y negativo si es inversa. Aracil lo explica con el ejemplo del llenado de un vaso con agua, donde el incremento en la variable flujo de agua implica un correspondiente incremento en la variable nivel del agua. A continuación se muestra la influencia negativa [16].

***A***

***B***

***-***

#### **BUCLES DE REALIMENTACIÓN**

Los bucles de realimentación representan el proceso dinámico que se traslada por una cadena de causas y efectos a través de un conjunto de variables que acaba volviendo a la causa original. Propiamente, un bucle de realimentación es el grupo de variables interconectadas por relaciones causales o de influencia (positiva o negativa), que forman un camino cerrado que comienza en una variable inicial y que acabe en la misma variable. Cada bucle de realimentación tiene una coherencia semántica, es unidad argumental que describe un suceso sobre la base de relaciones de causa y efecto siguiendo un discurso unitario.



Existen dos tipos básicos de bucles de realimentación, los bucles de realimentación positiva, o de refuerzo, y los bucles de realimentación negativa, o estabilizadores [17].



##### **BUCLES DE REALIMENTACIÓN POSITIVA O DE ESFUERZO**

Los bucles de realimentación positiva, también llamados de refuerzo o, más descriptivamente, de efecto de bola de nieve, son aquellos en los que la variación de un elemento se propaga a lo largo del bucle de manera que acentúa dicha variación inicial. Esa variación primera puede ser tanto un incremento como una disminución de un valor determinado.

Estos sistemas, frente a los de realimentación negativa, dan lugar a procesos de crecimiento o decrecimiento exponencial. El análisis de los sistemas de primer orden de realimentación positiva es análogo al efectuado para los sistemas de primer orden de realimentación negativa, sin embargo, a diferencia de estos últimos, en los de signo positivo no existe un objetivo a mantener o alcanzar. Una característica de interés, y propia del crecimiento exponencial, el denominado tiempo de duplicación consistente en el tiempo en el cual el nivel objeto de estudio se duplica [17].

**Figura 2: Bucle de realimentación positiva.**

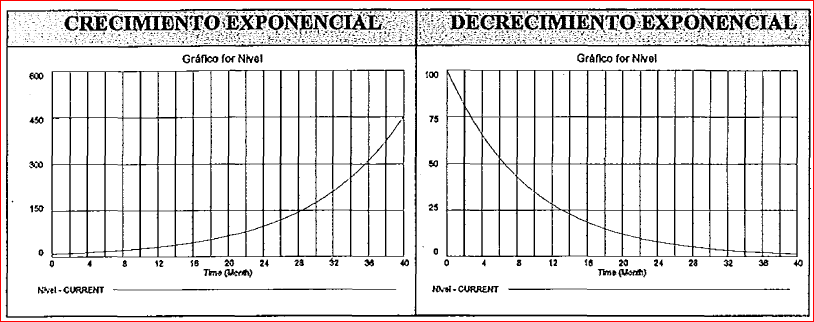
NIVEL

FLUJO

CONSTANTE

* **Diagrama de flujo de un sistema con realimentación positiva.**

Si el nivel inicial es superior al objetivo, el comportamiento resultante es de decrecimiento asintótico, mientras que, por el contrario, si es inferior al objetivo, será de crecimiento asintótico. Por último, si el nivel inicial y el objetivo coinciden, el sistema permanece en equilibrio.



**Figura 3: Comportamientos generados del sistema de primer orden con realimentación positivo.**

##### **BUCLES DE REALIMENTACIÓN NEGATIVA O ESTABILIZADORES**

A los bucles de realimentación negativa se les conoce con diversas denominaciones (estabilizadores, equilibradores, balanceadores, reguladores) y son la base de cualquier sistema de control o regulación, tanto natural como artificial. Son aquellos en los que una variación de un elemento se transmite a lo largo del bucle de manera que se genere un efecto que contrarresta la variación inicial.

Como se aprecia en la **Figura 4**, tienden a buscar asintóticamente un equilibrio. Habitualmente su comportamiento lleva implícito un objetivo (exógeno), lo que hace que este tipo de comportamientos se conozca como comportamiento de búsqueda de objetivos (GoalSeeking).

Gráficamente, la estructura más simple que recoja un sistema de primer orden de realimentación negativa, puede representarse a través del siguiente bucle y diagrama de flujos: [17].

**Figura 4: Bucle de realimentación negativa.**

NIVEL

FLUJO

DISCREPANCIA

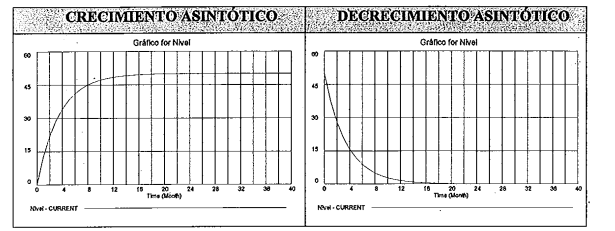
OBJETIVO

CONSTANTE

* **Diagrama de flujo de un sistema con realimentación negativa.**

Partiendo del objetivo, éste se determinará externamente, se trata, por tanto, de una variable exógena. En la medida en que el nivel o estado real del sistema se aleje del nivel fijado como objetivo, surge una discrepancia o error, que deberá ser eliminada mediante la consiguiente acción correctora, que constituye el flujo del sistema. Dicha acción influye directamente en el nivel o estado real, que no es más que la acumulación de todas las acciones pasadas. Este comportamiento se producirá de forma recurrente buscando en todo momento ajustar el estado real al deseado.

Los bucles negativos de primer orden generan comportamientos de crecimiento o decrecimiento asintótico, dependiendo de la relación entre el valor inicial del nivel y el objetivo [17].



**Figura 5: Comportamientos generados del sistema de primer orden con realimentación negativa.**

#### **DIAGRAMA FORRESTER**

El diagrama de Forrester es una representación simbólica de las variables de nivel, flujo y auxiliares de un diagrama causal una vez identificadas y constituye un paso intermedio entre el diagrama causal y el sistema de ecuaciones diferenciales de primer orden que le corresponde. Junto con la realimentación, los conceptos fundamentales de la dinámica de sistemas son los recipientes (stocks), llamados niveles, y los flujos [18].

Esta convención de niveles y flujos fue creada por el propio **Jay Forrester basándose en una metáfora hidrodinámica: el flujo de entrada y salida de agua en una bañera o recipiente**. De forma que la cantidad o nivel de agua de la bañera es la acumulación de agua que entra a través del grifo menos el agua que sale por el desagüe. En la figura anterior se representa esta analogía según la notación propia de los diagramas de Forrester que se muestra en la siguiente figura:

**Figura 6: Diagrama Forrester elemental.**

NIVEL

ENTRADA

ENTRADA

**Fuente o sumidero**: Representa una fuente o pozo; puede interpretarse como un nivel que no tiene interés y es inagotable.

**Canal de material:** Canal de transmisión de una magnitud física que se conserva

**Nivel, recipiente (Stock):** Representa una acumulación de un flujo.

**Regulador de flujo, válvula:** Variación de un nivel, representa un cambio en el estado del sistema.

**Canal de información:** Canal de transmisión de una cierta información que no es necesario que se conserve

**Variable auxiliar:** Una cantidad con un cierto significado físico en el mundo real y con un tiempo de respuesta instantáneo

**Variable exógena:** Variable cuya evolución es independiente de las del resto del sistema. Representa una acción del medio sobre el sistema

**Constante:** Un elemento del modelo que no cambia de valor

**Figura 7: Elementos del diagrama Forrester.**

Un diagrama de Forrester que compone de diferentes elementos que pueden tener distinta naturaleza según el comportamiento que representen, son cuantitativos porque poseen un valor numérico en una determinada magnitud y pueden ser internos o exógenos al sistema. Estos elementos pueden ser variables o parámetros (o coeficientes). Las variables pueden ser de tres clases: [19].



##### **VARIABLES DE NIVEL**

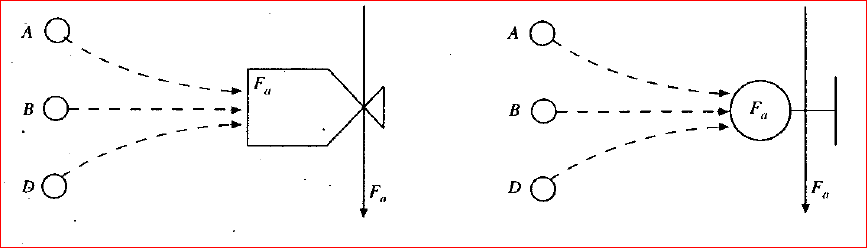
Definen el estado del sistema y generan la información en la que se basan las acciones y las tomas de decisiones. Implican la inercia del sistema porque pueden producir retardos por acumulación y, como en los circuitos secuenciales de los sistemas digitales, dotan de memoria al sistema. Se representan con rectángulos [19].

##### **VARIABLES DE FLUJO**

Simbolizan el cambio de las variables de nivel durante un periodo de tiempo. Como veremos más adelante, al representar la variación del flujo, son las derivadas de los niveles con respecto al tiempo. Estas variables suelen estar intervenidas con variables auxiliares o con coeficientes (o tasas). En la metáfora hidráulica, son los grifos o válvulas que regulan el flujo [20].

A las variables de flujo se les asocian ecuaciones que definen el comportamiento del sistema. El bloque representativo de un flujo admite, como señal de entrada, la información proveniente de los estados, o de las variables auxiliares del sistema y suministra como salida el flujo que alimenta a un estado. Se representa, utilizando dos símbolos alternativos, el bloque que representa el flujo al que se puede asociar una ecuación de la siguiente forma:

Siendo, A, B, y D variables auxiliares o de estado, para ser más específicos con respecto a las variables mostramos el siguiente gráfico:

****

**Figura 8: Representaciones alternativas de un flujo en el diagrama de Forrester.**

##### **VARIABLES AUXILIARES**

Son variables dependientes intermedias que reciben información de otras variables que transforman en nueva información en base a una función determinada y cuya salida se dirige hacia otra variable auxiliar o hacia una variable de flujo. Se utilizan para descomponer ecuaciones complejas en ecuaciones más simples que faciliten la lectura el modelo [21].

##### **VARIABLES DE TIPO CAUSA O GENERADORES**

Son variables que describen hechos o situaciones que se consideran como causal ya sea directo o indirecto (causa raíz) de una manifestación en una situación problema.

##### **VARIABLES DE TIPO CONSECUENCIA**

Variables que señalan situaciones que son el efecto de las manifestaciones de una situación problema.

##### **VARIABLES DE TIPO MANIFESTACIÓN**

Variables que responden a la pregunta: ¿Por qué afirmamos que existe? ¿Delincuencia, por ejemplo? y que corresponden a situaciones que describen la existencia de un problema. En el caso de delincuencia podríamos afirmar que existe delincuencia, porque se observan asaltos la vía pública, robos domiciliarios, asesinatos, secuestros, etc.

##### **VARIABLES DE TIPO MEDIDA**

son variables que describen situaciones, dispositivos, leyes o decretos, etc. actuales implementadas como mecanismos, de solución o prevención por parte de distintas entidades, organizaciones o grupos gubernamentales o no que pretenden dar solución a la situación problema.

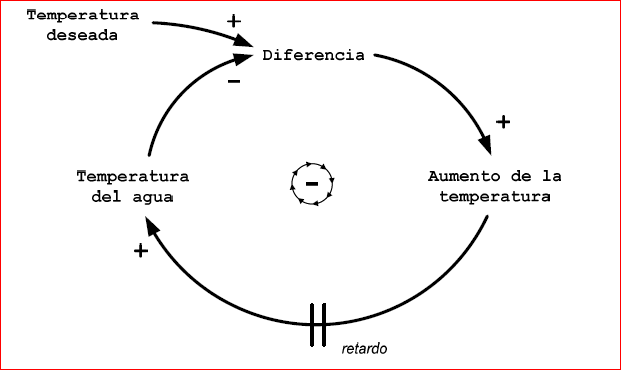
#### **RETARDOS**

Los retardos son inherentes a la mayoría de los sistemas y pueden tener una influencia notable en el comportamiento de un sistema. La dinámica de sistemas acepta la existencia de los retardos y en el proceso de modelado y simulación se distingue entre relaciones de influencia que se producen de forma más o menos instantánea y relaciones de influencia que tardan un cierto tiempo en manifestarse. En este caso, se asocia un retardo a dichas relaciones de influencia.

Un retardo no es más que el tiempo que transcurre entre una causa y sus efectos y en los modelos sistémicos se manejan como procesos cuya salida se retrasa en alguna manera con respecto a la entrada.

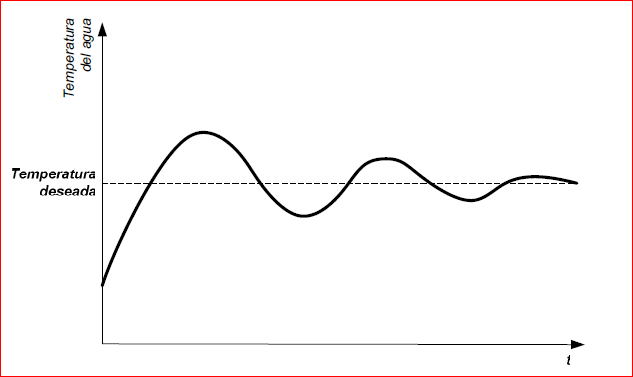
En los bucles de realimentación positiva un retardo ocasiona que el crecimiento (o decrecimiento) no se produzca de forma tan rápida como cabría esperar. Sin embargo, el efecto de los retardos es especialmente sensible en el caso de los bucles de realimentación negativa. En este caso, el comportamiento, en lugar de aproximarse de forma suave hacia el equilibrio, puede mostrar respuestas que se sobrepasen, hacia arriba o hacia abajo, dicho nivel provocando que el sistema oscile, a veces violentamente.

Un ejemplo sencillo y que aparece en la mayoría de los libros de introducción a la dinámica de sistemas, es el caso de la regulación de la temperatura de una ducha. Cuando nos metemos en la ducha, inicialmente sale el agua fría, y abrimos el grifo del agua caliente hasta que sale demasiado caliente. En este caso, bajamos el agua caliente hasta que sale más fría de la que deseamos y volvemos a aumentar la temperatura, repitiéndose este proceso hasta que las oscilaciones de temperatura se estabilizan. Esto se recoge en el diagrama causal, cuyo comportamiento se muestra en la siguiente figura [22].



**Figura 9: Diagrama causal de la regulación de la temperatura de una ducha .**

¿Qué ocurre? La clave para entender este comportamiento se debe a que entre la acción de regulación de la temperatura (aumento de la temperatura) y el efecto real de adecuación de la temperatura (temperatura del agua) existe un retardo, de forma que para cuando se detecta la temperatura deseada y se reacciona, la acción anterior sigue su curso indefectiblemente produciéndose un rebasamiento del límite (temperatura deseada) como se observa en la siguiente figura.



**Figura 10: Respuesta oscilante de la regulación de la temperatura de una ducha.**



#### **REPRESENTACIÓN MATEMÁTICA**

Detrás de esa metáfora hidrodinámica se esconde una estructura matemática precisa e inequívoca. Justamente el mérito de Jay Forrester ha sido enmascarar el aparato matemático del cálculo diferencial propio de los sistemas de control para facilitar la comprensión y manejo de los modelos de simulación dinámica.

Los niveles acumulan sus flujos, por tanto, un nivel será la integral de sus flujos. Si tomamos como referencia la variable Nivel tenemos que:

En consecuencia, la variación neta de un nivel será la derivada con respecto al tiempo:

En general, los flujos son función del propio y/o de otros niveles ajustados con coeficientes o parámetros.

En definitiva, el modelo matemático encerrado en un diagrama de Forrester es un sistema de ecuaciones diferenciales que generalmente no se puede solucionar analíticamente, por ello para generar el comportamiento del sistema a lo largo del tiempo se utilizan métodos computacionales de simulación [22].

#### **CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DEL SOFTWARE**



##### **VENSIM PLE**

El programa Vensim PLE presenta algunas ventajas con relación a la organización de datos y a posibilidades de optimización. Permite documentar automáticamente el modelo según se va construyendo, y crea árboles que permiten seguir las relaciones de causa efecto a lo largo del modelo. Permite trabajar con gráficos y tablas dinámicas del comportamiento de las variables en el tiempo y observar en la pantalla el comportamiento gráfico de todas las variables de forma simultánea, pudiendo modificar los valores constantes para observar instantáneamente en la interfaz los cambios asociados al resto de las variables

Para crear un modelo dinámico con Vensim PLE® sólo tendremos que escribir los diferentes tipos de variables en el escritorio y conectarlas a través de flechas que establecerán las relaciones causales entre esas variables. Las relaciones entre las variables y los distintos parámetros se establecerán posteriormente en forma de ecuaciones del modelo. De una forma resumida, las principales características del programa son: [23].

###### **EL USO DE GRÁFICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL MODELO**

Al ejecutarse el programa bajo el sistema operativo Windows, entonces su uso es idéntico al resto de los programas que utilizan este entorno. Existen diferentes barras de herramientas que utilizadas de forma adecuada simplifican la construcción del modelo. Se procede en primer lugar a la construcción del diagrama de Forrester haciendo uso de los niveles, flujos y variables auxiliares. A continuación, se introducen las ecuaciones y los valores de los parámetros, y por último se procede a la simulación.

###### **PROPORCIONA DIFERENTES MÉTODOS DE ANÁLISIS**

Las herramientas que permiten analizar el modelo son de dos tipos. La primera de ellas es de tipo estructural, como por ejemplo “cause tree” con la que permite visualizar las diferentes relaciones causales existentes entre variables, o bien el icono “loops” con el que es posible ver todos los bucles de realimentación que tiene el modelo. El otro tipo de herramientas se corresponde con la visualización de los datos obtenidos en la simulación, cuya presentación puede hacerse en forma de salida de gráficos o en bien en forma de tablas.

###### **POSIBILIDAD DE CORRECCIÓN DEL MODELO**

A la vista de los datos históricos de los que disponemos y los resultados ofrecidos por la simulación se puede llevar a cabo, de una manera muy sencilla, distintas correcciones de las variables del modelo para que después de nuevas simulaciones los resultados conseguidos sean muy parecidos a los datos reales obtenidos.

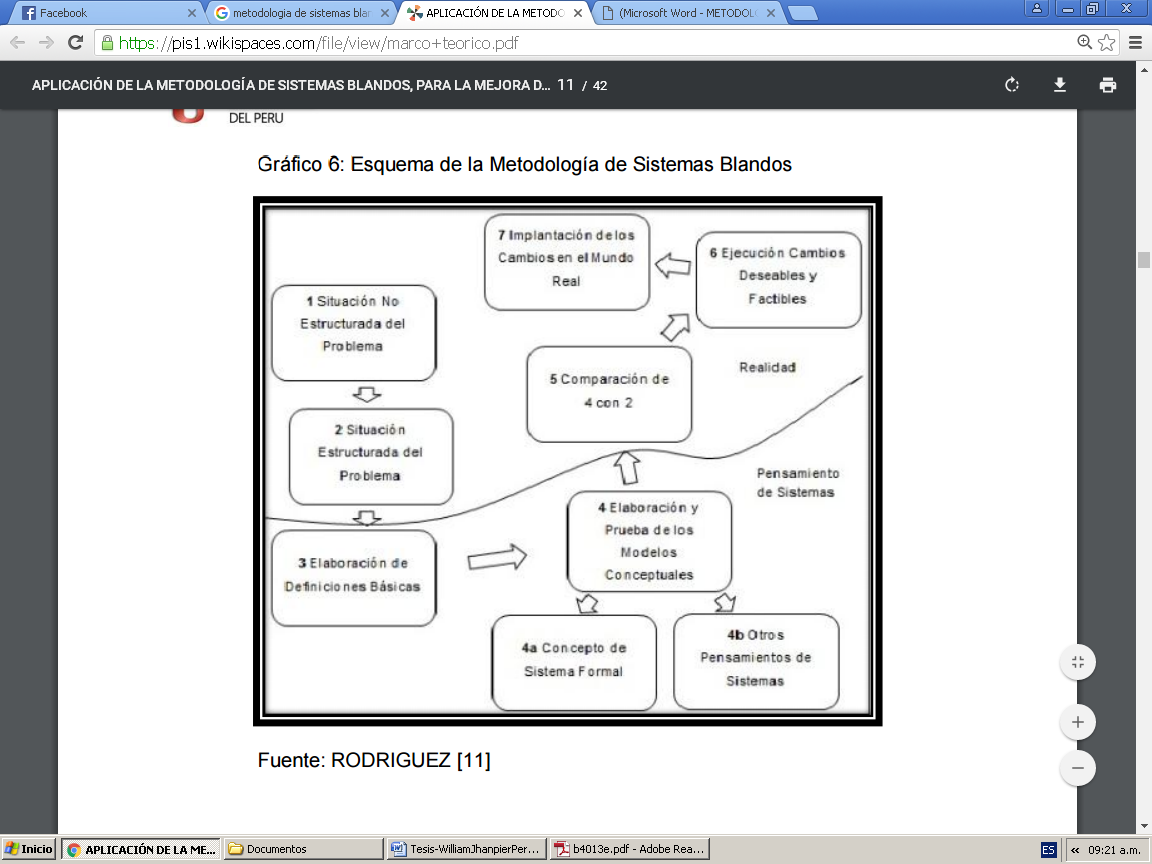


### **METODOLOGÍA DE LOS SISTEMAS BLANDOS**

La Metodología de Sistemas Blandos (MSB), propuesta por Peter Checkland, es una técnica cualitativa que se puede utilizar para aplicar los sistemas estructurados a las situaciones sistémicas. Es una manera de ocuparse de problemas situacionales en las cuales hay una actividad con alto componente social, político y humano. La MSB aplica los sistemas estructurados al mundo actual de las organizaciones humanas; es una manera útil de acercarse a situaciones complejas y a las preguntas desordenadas correspondientes. La Metodología de Sistemas Blandos se originó a partir de la comprensión que, los sistemas duros estructurados son inadecuados para investigar temas de grandes y complejas organizaciones, es por eso que se desarrolló esta metodología, para resolver estos tipos de problemas [24].

#### **ETAPAS PARA EL ANÁLISIS DE LA METODOLOGÍA DE SISTEMAS BLANDOS**

Peter Checkland, explica que la MSB se divide en 7 etapas cronológicas, y se deben leer del 1 al 7, una secuencia lógica que es más adecuada para describir la metodología, pero no se tiene que seguir para usarla; ya que, en principio, un inicio puede ser de cualquier punto y también se pueden emplear las etapas o estadios que se requieran hasta lograr los objetivos de la investigación. En este caso no usaremos el último estadio que de implantación de los cambios [25].



**Figura 11: Esquema de la metodología de sistemas blandos.**

##### **SITUACIÓN NO ESTRUCTURADA DEL PROBLEMA**

Se trata de la primera impresión de la situación-problema, siendo esta, como se ha dicho, aquella porción de la realidad social en la que existe un conjunto de “problemas”. En esta etapa se observan acontecimientos que suceden en aquella, aunque no se tenga una idea clara de las interrelaciones en que se traban los elementos que la conforman. En esta etapa se debe empezar a delimitar el sistema a cuyo estudio nos abocamos, así como a definir el entorno del mismo

##### **SITUACIÓN ESTRUCTURADA DEL PROBLEMA**

Es la etapa en la que se concatenan los elementos que integran la situación problema. Esta etapa permite ver con mayor claridad lo que acontece en la situación-problema. Para poder desarrollar esta etapa, el analista debe estar libre de prejuicios personales. Podrá hacer uso, igualmente, de todas las técnicas cuantitativas que tenga a su alcance con el fin de describir pictográficamente lo pasado y lo presente, y recogiendo, asimismo, las tendencias y querencias de los involucrados en la situación problema. El analista de sistemas deberá considerar también las situaciones conflictivas, los intereses existentes, la estructura de poder imperante dentro y fuera del sistema, las ideologías existentes y sus consecuencias futuras y la forma en que los involucrados perciben la situación-problema, por citar algunos factores. Todo ello contribuirá a lograr el objetivo de expresar pictóricamente la situación-problema, de manera que con sólo observarla el analista de sistemas pueda percatarse delo que acontece.

##### **ELABORACIÓN DE DEFINICIONES BÁSICAS**

La información que se reúne en la segunda etapa permite identificar posibles “candidatos a problemas” y buscarles “solución”. Dicha solución, que implica un cambio (un proceso de transformación) de la realidad social, se expresa a través de lo que en la MSB se denomina definición básica. Se podría formular una relación de “candidatos a problemas” según cómo percibamos la situación-problema. Ello hace necesario recurrir al concepto de weltanschauung. En consecuencia, la percepción que la weltanschauung articula permite generar una serie de definiciones básicas, cada una indicativa de los cambios que se juzgan necesarios. Dicho de otro modo, cada definición básica implica definir el “que” (qué proceso de transformación se impone hacer en la realidad social), de acuerdo con la concepción, producto de una weltanschauung particular, que se tenga de la situación problema [26].

##### **ELABORACIÓN Y PRUEBA DE LOS MODELOS CONCEPTUALES**

Cada definición básica genera un modelo conceptual, que no es sino la expresión, en lenguaje sistémico; agrupación de verbos calificados y unidos gráficamente, que nos indica la manera cómo se podría llevar a cabo el proceso de transformar la realidad social.

##### **COMPARACIÓN DE 4 VERSUS 2**

Puesto que los modelos conceptuales son consecuencia de las definiciones básicas y elaboraciones mentales de procesos de transformación que pueden existir o no en la realidad, se requiere de un proceso de contrastación entre los modelos conceptuales propuestos y la realidad social que describen. Tal proceso se lleva a cabo en esta etapa.

##### **CAMBIOS FACTIBLES Y DESEABLES**

Esta etapa indica detectar qué cambio es posible llevar a cabo en la realidad. Checkland y sus colaboradores encontraron que para que los cambios puedan ser llevados a cabo en el mundo real, deben satisfacer dos requisitos:

1. Que sean culturalmente factibles;
2. Que sean sistémicamente deseables.

##### **IMPLANTACIÓN DE LOS CAMBIOS EN EL MUNDO REAL**

Es la implantación de los cambios detectados en la etapa anterior.

### **ACCIDENTES DE TRÁNSITO**

En un accidente de tránsito intervienen distintos factores, los cuales deben estudiarse a profundidad, estableciendo la incidencia de cada uno en la cadena de sucesos que conllevan a un evento de esta naturaleza. Para que ocurra un accidente de tránsito, deberán presentarse una serie de circunstancias tales como: Un desperfecto mecánico en el vehículo, el factor humano, una falla de diseño en la vía, falta de señalización adecuada, fenómenos naturales y terceros [27].

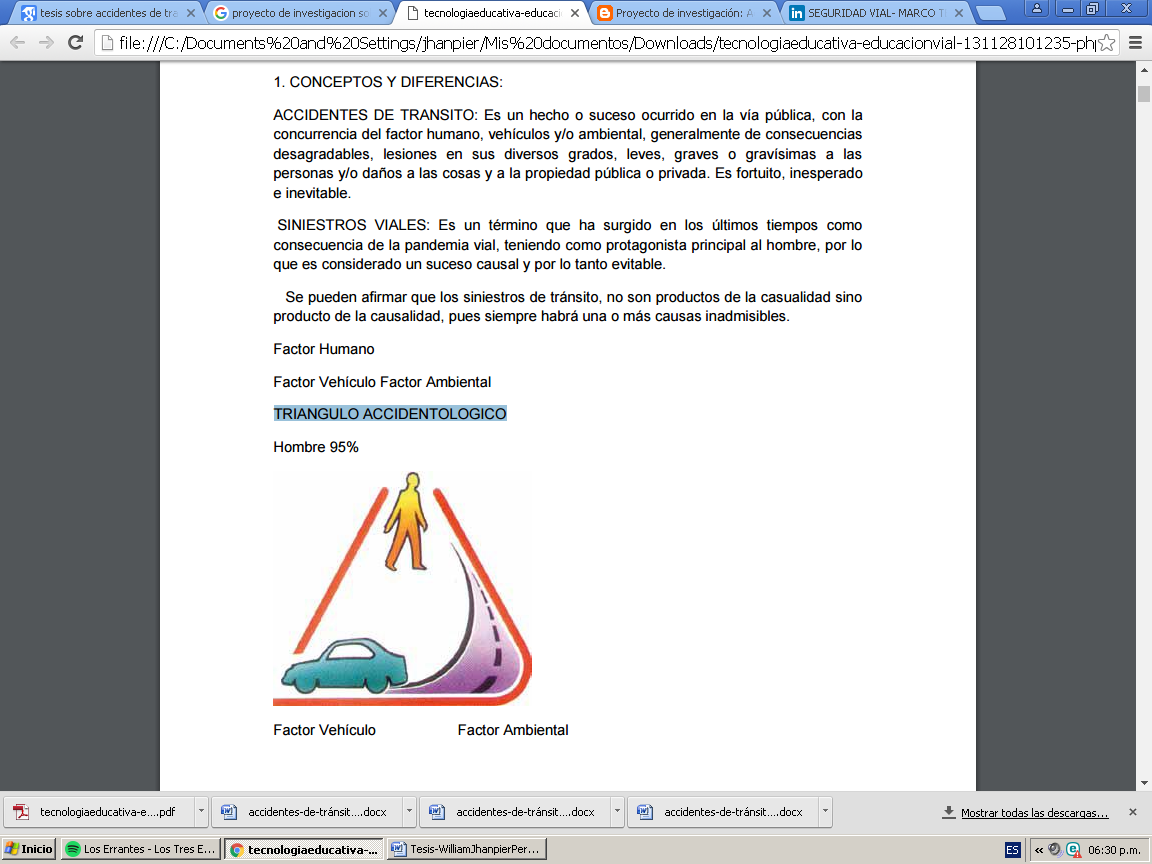
#### **DEFINICIONES**

Según la Real Academia Española, accidentes “Es un suceso eventual del que involuntariamente resulta daño para las personas o las cosas”, por lo que podemos decir que un accidente de tránsito es un acontecimiento inesperado donde pueden interactuar automóviles, peatones, motocicletas, buses etc., y cualquier otro usuario de las vías, donde se desarrolla un hecho no premeditado, que contiene un elemento de azar y cuyos resultados son indeseables e infortunados. En un accidente de tránsito cualquiera, siempre debe tomarse el factor imprevisión y las causales que condujeron a él [28].

Otro concepto dice que, es el que ocurre sobre la vía y se presenta súbita e inesperadamente, determinado por condiciones y actos irresponsables potencialmente previsibles, atribuidos a factores humanos, vehículos preponderantemente automotores, condiciones climatológicas, señalización y caminos, los cuales ocasionan pérdidas prematuras de vidas humanas y/o lesiones, así como secuelas físicas o psicológicas, perjuicios materiales y daños a terceros.

#### **FACTORES CAUSANTES DE LOS ACCIDENTES**

Se pueden afirmar que los siniestros de tránsito, no son productos de la casualidad sino producto de la causalidad, pues siempre habrá una o más causas inadmisibles [29].



**Figura 12: Triangulo accidentologico**



#### **FACTOR HUMANO**

No podemos decir que es el causante principal, pero si es más representativo; el factor humano a lo largo del tiempo ha ido causando muchos accidentes de tránsito. Es bien conocida la gran incidencia del factor humano (conductor o peatón) en el desencadenamiento de los accidentes, ya que en la inmensa mayoría de los accidentes se registra en algún momento un fallo humano.

Para poder conducir adecuadamente se precisan unas mínimas condiciones físicas y unos conocimientos sobre la conducción. Sin embargo, no se precisan unas aptitudes físicas excepcionales e incluso personas con defectos físicos importantes conducen bien con vehículos preparados para ellos, sin que se registren mayores índices de accidentes que en otras personas [30].



##### **LA DISTRACCIÓN**

Uno de los elementos subjetivos que interviene con mayor frecuencia en los accidentes de tránsito es la distracción; la distracción es un estado psicológico de dispersión mental que impide temporalmente a una persona prestar la debida atención a las cualidades del objeto, es decir, que constituye una incapacidad transitoria para captar o aprehender las características de los objetos o hechos reales., que se presenta tanto en el conductor como en los peatones o pasajeros, quienes por negligencia o descuido se exponen a sufrir diversos accidentes con consecuencias lamentables para su vida o integridad física. Si bien el ser humano tiene la necesidad de distraerse para olvidar momentáneamente sus problemas o las situaciones negativas que lo afligen, esto no quiere decir que deba exponerse a peligros que atenten contra su propia integridad física.

##### **DISTRACCIÓN DURANTE LA CONDUCCIÓN**

Esta manifestación del fenómeno anímico de la atención se presenta en forma variada en la circulación de los vehículos, donde los agentes de tráfico y el semáforo constituyen el foco de atención del sujeto.

Los diversos estímulos de atención en el tránsito están constituidos por las luces de los semáforos, las sirenas de los vehículos policiales y de emergencia, las maniobras para adelantar a un vehículo en marcha o detenido, la captación de las señales de los agentes de tráfico, el control de la velocidad del vehículo, etc. Estos factores deben ser percibidos de inmediato y el conductor debe reaccionar y actuar de forma adecuada.

Entre las causas de distracción más comunes destacan: hablar con el teléfono móvil, estar agobiado por problemas, no ver las señales de tráfico, conducir con prisas, discusiones con los pasajeros, sueño, leer o consultar mapas, encender cigarrillos, manipular equipos de música o no utilizar las medidas de seguridad activa.

##### **ALCOHOLISMO.**

El alcoholismo es una enfermedad que consiste en padecer una fuerte necesidad de ingerir alcohol etílico, de forma que existe una dependencia física del mismo, manifestada a través de determinados síntomas de abstinencia cuando no es posible su ingesta. El alcohólico no tiene control sobre los límites de su consumo y suele ir elevando a lo largo del tiempo su grado de tolerancia al alcohol.

En la siguiente tabla voy a mostrar nivel del contenido de alcohol en la sangre, los efectos típicos y los efectos predecible al conducir.

**Tabla 1: Nivel del contenido de alcohol en la sangre.**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ****Concentración de alcohol en la sangre (BAC)**** | Efectos típicos | Efectos predecibles  al conducir |
| .02% | * Cierta pérdida de la capacidad de juicio * Relajación * Leve sensación de calor en el cuerpo * Alteración del estado de ánimo | * Disminución de las funciones visuales (rápida trayectoria de un objeto en movimiento) * Disminución de la capacidad para realizar dos cosas al mismo tiempo (atención dividida) |
| .05% | * Comportamiento exagerado * Puede mostrar pérdida de control sobre los músculos pequeños (por ejemplo, enfocar los ojos) * Deterioro de la capacidad de juicio * Usualmente sentimiento alegre * Disminución del estado de alerta * Pérdida de las inhibiciones | * Disminución de la coordinación * Habilidad reducida para seguir objetos en movimiento * Dificultad para maniobrar el volante * Respuesta reducida para afrontar situaciones de emergencia mientras se conduce un vehículo |
| .08% | * La coordinación muscular se hace deficiente (por ejemplo, equilibrio, habla, visión, tiempo de reacción y audición) * Es más difícil detectar los peligros * El criterio, el auto-control, el razonamiento y la memoria se ven afectados. | * Concentración * Pérdida de la memoria de corto plazo * Control de la velocidad * Se reduce la capacidad de procesar información (habilidad de ver avisos o señales) * Deterioro de la percepción |
| .10% | * Deterioro evidente del control y del tiempo de reacción * Dificultad para hablar, deficiencia de la coordinación y lentitud para pensar | * Habilidad reducida para mantenerse en la misma línea de la carretera y para frenar en forma adecuada |
| .15% | * Mucho menos control muscular que lo normal * Puede presentarse vómito (a menos que se llegue a este nivel en forma lenta o a que la persona ha adquirido una tolerancia al alcohol * Pérdida mayor del equilibrio | * Incapacidad sustancial para controlar el vehículo, prestar atención a las tareas de conducción y procesar las informaciones visuales y auditivas necesarias |

##### **REALIZAR MANIOBRAS IMPRUDENTES Y DE OMISIÓN POR PARTE DEL CONDUCTOR.**

Efectuar adelantamientos en lugares prohibidos (choque frontal muy grave), circular por el carril contrario (en una curva o en un cambio de rasante), conducir a exceso de velocidad (produciendo vuelcos, salida del automóvil de la carretera, derrapes) y usar inadecuadamente las luces del vehículo, especialmente en la noche.

##### **SALUD FÍSICA Y MENTAL DEL CONDUCTOR O PEATÓN NO APTAS.**

([Ceguera](http://es.wikipedia.org/wiki/Ceguera), [daltonismo](http://es.wikipedia.org/wiki/Daltonismo), [sordera](http://es.wikipedia.org/wiki/Sordera), etc.).

#### **FALLAS VEHICULARES**

Vehículo en condiciones no adecuadas para su operación (sistemas averiados de frenos, dirección o suspensión) y el mantenimiento inadecuado del vehículo.

#### **FACTOR CLIMATOLÓGICO Y OTROS.**

Incluyen las condiciones meteorológicas existentes en el momento de la conducción y las características del camino sobre todo la calidad del grado de utilización y su estado de mantenimiento. Ejemplos: lluvias, neblinas, humo, baches, curvas, calzadas en mal estados, puentes angostos, deficiente señalización, etc. Se deduce que estos últimos factores son esencialmente objeto de la técnica y el factor preponderante es el hombre, quien al hacer uso de aquellos factores materiales que él mismo produce, tiene en su voluntad el adecuar o no su comportamiento a la mejor utilización de los mismos en beneficio de todos los usuarios.

#### **TIPOS DE VEHÍCULOS INVOLUCRADOS**

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, los vehículos se clasifican en: vehículos mayores y vehículos menores [31].

#### **CONSECUENCIA DEL ACCIDENTE DE TRÁNSITO**

De acuerdo a la investigación ejecutada las consecuencias de los accidentes de tránsito como: fatales, no fatales, y con sólo daños materiales. Los accidentes de tráfico tienen diferentes escalas de gravedad, el más grave se considera aquel del que resultan víctimas mortales, bajando la escala de gravedad cuando hay heridos graves, heridos leves, y el que origina daños materiales a los vehículos afectados.



##### **DAÑOS MATERIALES**, **LESIONES Y MUERTE**

En el caso de en daños materiales es quien destruya, inutilice, haga desaparecer o de cualquier modo dañe un bien mueble (en el caso de los accidentes de tránsito) o inmueble, total o parcialmente ajeno. La lesión comprende heridas, contusiones, escoriaciones, fractura, dislocaciones, quemaduras y toda alteración en la salud y cualquier otro daño a la integridad física o síquica de las personas, siempre que sean producidas por una causa externa. Y la muerte es quien prive de la vida a otro o la concluya por sí mismo (suicidio).

#### **SEÑALES DE TRÁNSITO**

Las señales de tránsito son nuestra guía en las calles y caminos. Nos indican distancias entre ciudades, curvas, puentes y todo aquello que el conductor necesita para informarse sobre el camino. Garantiza que personas de diversas lenguas y culturas puedan interpretar los mensajes.

Son aquellas señales que tienen por objeto notificar a los usuarios de la vía, sobre las limitaciones, prohibiciones o restricciones que gobiernan el uso de ellas y cuya violación constituye una infracción castigada por la ley o los reglamentos [32].



##### **TIPOS DE SEÑALES DE TRÁNSITO**

###### **INFORMATIVAS:**

Las señales de tránsito de información nos indican y aportan datos sobre servicios lo que vamos a encontrar en las proximidades del punto quilométrico en el que están situadas

###### **PREVENTIVAS:**

 Las señales de prevención con flechas apuntan al estado del camino en cuanto a curvaturas, a la presencia de rotondas o a la existencia de una vía de doble circulación.

#### **TRANSPORTE**

El transporte forma parte de la [**logística**](http://definicion.de/logistica/), que es el conjunto de medios y métodos que permiten organizar un [**servicio**](http://definicion.de/servicio/) o una [**empresa**](http://definicion.de/empresa). En el mundo del [comercio](http://definicion.de/comercio/), la logística está vinculada a la colocación de bienes en el lugar preciso, en el momento apropiado y bajo las condiciones adecuadas. Por tanto, el transporte de mercancías, se encuentra dentro ella. El objetivo de una empresa es garantizar la correcta distribución y comercialización de los productos al menor costo posible. En este sentido, el transporte incluye tanto los vehículos como las infraestructuras relacionadas (camiones, barcos, trenes de carga, carreteras, puertos, etc.).

El transporte es una actividad del sector terciario, entendida como el desplazamiento de objetos o personas de un lugar (punto de origen) a otro (punto de destino) en un vehículo (medio o sistema de transporte) que utiliza una determinada infraestructura (red de transporte)



##### **ELEMENTOS DEL TRANSPORTE**

###### **LA INFRAESTRUCTURA.**

Parte física de las condiciones que se requieren para dar aplicación al transporte, es decir se necesitan de vías y carreteras para el transporte terrestre urbano, provincial, regional e internacional, se necesitan aeropuertos y rutas aéreas para el transporte aéreo, asimismo se requieren canales y rutas de navegación para el transporte naviero ya sean estos por mar o por ríos y lagos. Otra parte de la infraestructura son las paradas y los semáforos en cuanto al transporte urbano, en el transporte aéreo son las torres de control y el radar, y en las navales son los puertos y los radares.

###### **EL VEHÍCULO O MÓVIL**

Es el instrumento que permite el traslado de personas, cosas u objetos, de un lugar a otro.

###### **EL OPERADOR DE TRANSPORTE**

Es la persona encargada de la conducción del vehículo ó móvil, en la cual se van a trasladar personas, cosas u objetos.

###### **LAS NORMAS Y LEYES**

Es la parte principal del sistema de transportes, es la que dictamina la manera de trasladarse de un lugar a otro, asimismo es la que regula y norma la operación de todos los demandantes y ofertantes del servicio de transporte.

## **DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS**

**Dinámica de Sistemas:** La Dinámica de Sistemas es una metodología para la construcción de modelos de sistemas, susceptibles de ser simulados por ordenador [33].

**Sistema:** Un sistema es una organización de elementos unidos por algún tipo de interacción o dependencia formal. Los componentes de un sistema interaccionan entre ellos y se influyen mutuamente. A través de dicha interacción, los componentes forman parte de un todo, que es superior a la suma de las partes [34].

**Modelo:** Un modelo es la interpretación explícita de lo que uno entiende de una situación, o tan solo de las ideas de uno acerca de esa situación. Puede expresarse en matemáticas, símbolos o palabras, pero en esencia es una descripción de entidades, procesos o atributos y las relaciones entre ellos. Puede ser prescriptivo o ilustrativo, pero, sobre todo, debe ser útil [35].

**Cuadro Pictográfico:** Se llama así a la descripción gráfica, y usualmente a mano alzada, de la situación bajo estudio, de manera que se haga entendible para quienes observan dicho cuadro. El cuadro pictográfico debe expresar una visión hermenéutica de la situación bajo estudio, expresada sistémicamente mediante la descripción de las relaciones, intercambio de información, materia y energía entre los elementos que conforman el sistema [36].

**Diagrama Causal:** E**s** el conjunto de los elementos que tienen relación con nuestro problema y permiten en principio explicar el comportamiento observado, junto con las relaciones entre ellos, en muchos casos de retroalimentación, forman el Sistema. El Diagrama Causal es un diagrama que recoge los elementos clave del Sistema y las relaciones entre ellos [37].

**Diagrama Forrester:** Los diagramas de Forrester (DF) son herramientas específicas de modelado de la dinámica de sistemas (DS), que es una metodología para el estudio y análisis de sistemas continuos complejos, mediante la búsqueda de relaciones entre los subsistemas (especialmente lazos de realimentación) [38].

**Sistemas Blandos:** Un sistema blando es aquel que está conformado por actividades humanas, tiene un fin perdurable en el tiempo y presenta problemáticas no estructuradas o blandas; es decir aquellas problemáticas de difícil definición y carentes de estructura, en las que los fines, metas, propósitos, son problemáticos en sí [39].

**Software Vensim PLE:** Vensim es una herramienta visual de modelización que permite conceptualizar, documentar, simular, analizar y optimizar modelos de dinámica de sistemas [40].

**Accidentes de Tránsito**: Es el que ocurre sobre la vía y se presenta súbita e inesperadamente, determinado por condiciones y actos irresponsables potencialmente previsibles, atribuidos a factores humanos, vehículos preponderantemente automotores, condiciones climatológicas, señalización y caminos [41].

**Señales de Tránsito:** Las señales de tránsito son aquellos carteles que pululan en cantidades por calles, rutas y caminos, entre otros y que tienen la finalidad de ordenar el tránsito vehicular, la circulación de peatones, de motociclistas y de ciclistas, entre otros [42].

**Condiciones climatológicas**: Hace referencia al estado de las condiciones de la atmósfera que influyen sobre una determinada zona [43].

**Ruta**: La ruta es un camino, vía o carretera que une diferentes lugares geográficos y que le permite a la persona desplazarse de un lugar a otro, especialmente mediante automóviles [44].

# **CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS**

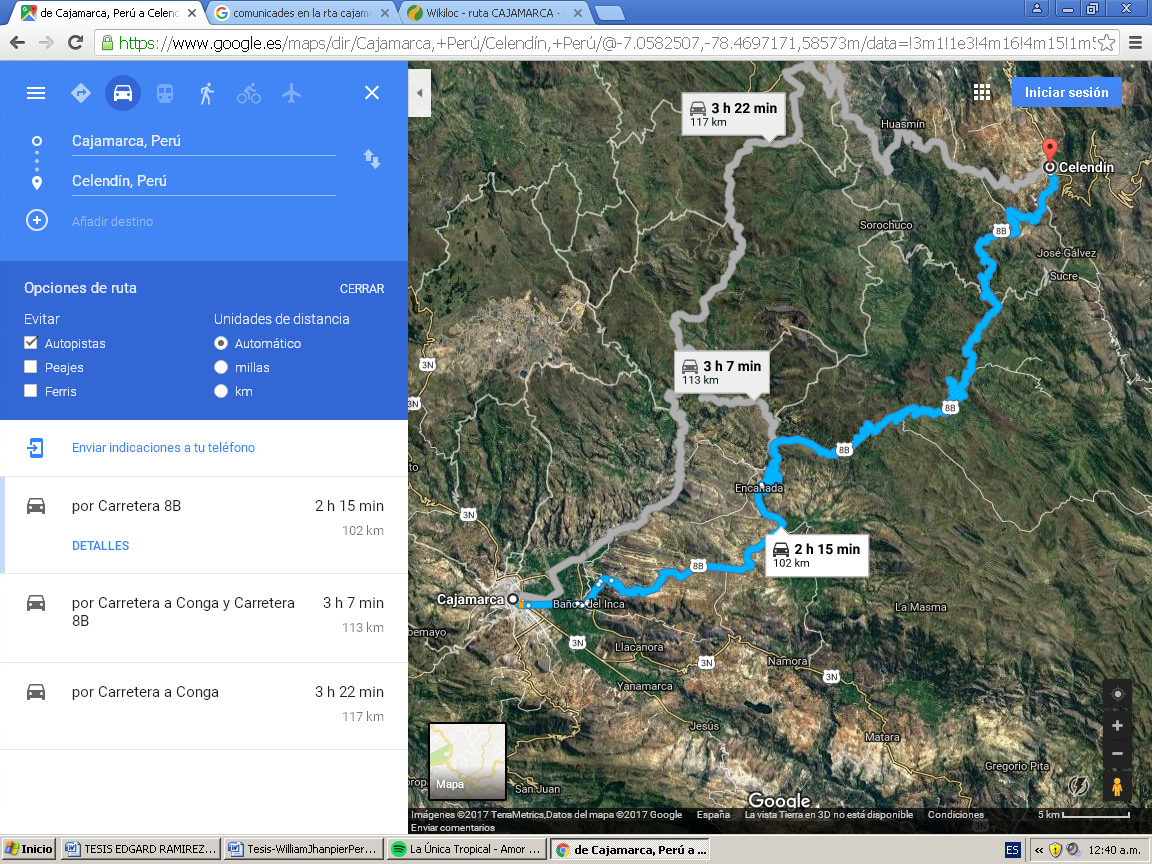
La presente investigación el autor lo ha desarrollado en la ruta Cajamarca – Celendín. Dicha ruta abarca las provincias de Cajamarca y Celendín que están ubicadas en la región de Cajamarca. La ruta cuenta con una distancia de 102 km. En dicha ruta encontramos al distrito de Baños Del Inca y al distrito de La Encañada. En los 102 km de ruta, encontramos a comunidades y/o distritos como: Baños del Inca, Puylucana, Chim Chim – Tres Cruces, Marcobamba, Chim Chim – Chuquipuquio, Chaquil, Chaquilpampa, Santa Rosa de Chaquil, Porvernir del C.P Polloc, C.P Polloc, D.V Potrerillo, La Encañada, Quinuamayo, D.V. Carhuaquero, El Progreso, Abra Cumulca, Micuypampa, Pampa el Toro, Peña Blanca, Sendamal, Cruzconga, Uñigan, Fraylecocha, Agua Colorada, Quilimbash, Huañambra, Choctapampa, Bellavista y finalmente Celendín. Para el tema de recolección de datos de información, se procedió al uso de métodos y técnicas; las cuales son: entrevistas y la observación. Adicionalmente el autor ha solicitado información a entidades como la Policía Nacional del Perú en la ciudad de Cajamarca, dichas solicitudes fueron dirigidas a las personas y autoridades que están directamente involucradas con el objeto de estudio de la investigación.

Esta investigación estuvo regida bajo parámetros de una investigación tipo básica, puesto que se tuvo que observar y caracterizar a las diferentes variables que integran el modelo sistémico, lo cual permitió al investigador observar y analizar la realidad para obtener información veraz y precisa.

## **PROCEDIMIENTO**

### **LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

La localización de la investigación es de suma importación para esta. Este proyecto de investigación se desarrolló en la ruta de Cajamarca– Celendín, dicha ruta abarca las provincias de Cajamarca y Celendín que están ubicadas en la región de Cajamarca. La ruta cuenta con una distancia de 102 km. Tiene como punto de partida los cruces de la Av. Atahualpa y la Av. San Martín de esta ciudad de Cajamarca y como punto llegada está el paradero conocido como El Monumento, ubicado en la provincia de Celendín. En la ruta encontramos comunidades y/o distritos como: Baños del Inca, Puylucana, Chim Chim – Tres Cruces, Marcobamba, Chim Chim – Chuquipuquio, Chaquil, Chaquilpampa, Santa Rosa de Chaquil, Porvernir del C.P Polloc, C.P Polloc, D.V Potrerillo, La Encañada, Quinuamayo, D.V. Carhuaquero, El Progreso, Abra Cumulca, Micuypampa, Pampa el Toro, Peña Blanca, Sendamal, Cruzconga, Uñigan, Fraylecocha, Agua Colorada, Quilimbash, Huañambra, Choctapampa, Bellavista y finalmente Celendín. Esta información se obtuvo mediante la observación realizando diferentes viajes entre ambos puntos de la ruta. Para la esquematización de la ruta Cajamarca – Celendín se hizo uso de la herramienta informática Google Maps, esta herramienta ayudo al autor a ubicar el punto de partida y llegada, la distancia y el tiempo entre ambos puntos**.** A continuación, el autor va a mostrar la ruta que forma parte del estudio de la investigación.

***Figura 13 : Ubicación geográfica de la ruta Cajamarca – Celendín.***

### **DESARROLLO METODOLÓGICO**

La metodología utilizada en este proyecto de investigación ha considerado aspectos principales de la metodología de los sistemas blandos de Peter Checkland, ya que la problemática es social y compleja.



#### **ETAPA I: SITUACIÓN NO ESTRUCTURADA DEL PROBLEMA**

Recordemos lo que es estructura en un sistema: elementos e interrelaciones. Entonces, si hablamos del término situación no estructurada del problema, es que está incompleta. ¨le hace falta algo¨. Por lógica no podemos hablar de interrelaciones si no existen primero los elementos, entonces lo primero que podemos identificar son los elementos, a quien denominaremos variables.

La SPnE, se trata de la primera impresión de la situación problema, aquí se observan acontecimientos que suceden en esta, aunque no se tenga una idea clara de las interrelaciones que se dan entre los elementos que la conforman. En esta etapa se empieza a delimitar el sistema a cuyo estudio nos abocamos, así como a definir el entorno del mismo.

##### **VARIABLES CAUSA O GENERADORAS**

* **Vehículos que cubren la necesidad de transporte público en la ruta Cajamarca – Celendín:** Esta variable hace referencia al incremento de personas que desean viajar entre ambas ciudades, por ende, se da un aumento en la demanda del transporte público. Este aumento se da principalmente en épocas de fiestas patronales y/o costumbristas, fin de año, como también todos los fines de semana durante todo el año.
* **Aumento del tiempo de viaje por parte del conductor:** Cuando el conductor realiza el viaje en un tiempo mayor al tiempo normal que se usa para llegar de Cajamarca a Celendín. Este aumento puede estar sujeto a varios factores, entre ellos por ejemplo, cuando el vehículo sufre algunos desperfectos, cuando los factores climatológicos no permiten avanzar con normalidad al conductor y cuando el conductor conduce de manera lenta.
* **Vehículos con conductores que tienen un autocontrol al momento de conducir:** Cuando el conductor que está cubriendo la ruta tiene la capacidad de tener un control del vehículo como de sus emociones; con el fin de evitar reacciones inadecuadas y no asumir riesgos innecesarios en situaciones peligras al momento de conducir, de esta manera puede conducir de manera más prudente.
* **Bloqueo de la ruta Cajamarca – Celendín:** Cuando la ruta se encuentra bloqueada ya sea por rocas, personas, animales vacunos, escombros o por otros vehículos. Estos bloqueos en dicha ruta se dan principalmente por los factores climatológicos debido a que la lluvia en los primeros meses de cada año es más fuerte y con ello se dan los derrumbes, caída de rocas etc.
* **Cambios en el estilo de vida de conductor que cubre la ruta Cajamarca –Celendín:** Esta variable se refiere al cambio en su rutina de vida que presente el conductor ya sean cambios alimenticios o cambios psicológicos.
* **Cansancio del conductor:** Esta variable se refiere al cansancio que presenta el conductor cuando está cubriendo la ruta Cajamarca – Celendín. El porcentaje de conductores con cansancio, se incrementa principalmente en época de fiestas patronales y costumbristas que se desarrollan tanto en la provincia de Celendín, como en la provincia de Cajamarca.
* **Vehículos con conductores con buena capacidad de reacción:** Cuando el conductor, que cubre la ruta está a punto de sufrir un accidente de tránsito, en ese momento el conductor tiene buenos reflejos y evita de una u otra que se produzca el accidente de tránsito.
* **Vehículos que viajan en carreteras resbalosas de la ruta Cajamarca – Celendín:** Producto de las intensas y constantes lluvias que se presentan en la ruta, esta presenta partes que están resbalosas, en consecuencia, los vehículos que viajan entre los primeros meses de cada año están propensos a sufrir algún tipo de accidente de tránsito.
* **Empresas que ponen carteles como publicidad en la ruta sin autorización:** Cuando en el transcurso de la ruta encontramos diversos carteles de publicidad que son generadores de la distracción para el conductor, dicha publicidad es puesta y/o colocada sin la autorización de las entidades de turno.
* **Conductores que cubren varias veces la ruta Cajamarca - Celendín en una noche:** Cuando un conductor hace varias vueltas en la misma ruta Cajamarca – Celendín durante una noche. Esto ocurre principalmente en los meses de agosto y julio, debido a que en dichos meses el porcentaje de viajes aumenta hacia la ciudad de Celendín, debido a la fiesta patronal y costumbrista.
* **Vehículos en competencia por ganar más pasajeros:** Cuando dos o más vehículos del transporte público, tienden a aumentar su velocidad con el único objetivo de ganar más pasajeros que se encuentran en la ruta.
* **Conducir más horas de las establecidas:** Cuando el conductor que cubre la ruta conduce muchas más horas de las establecidas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
* **Conductor haciendo uso del celular:** Cuando en conductor que cubre la ruta, hace uso del celular mientras este está conduciendo.
* **Conductor trasnochado que cubre la ruta Cajamarca – Celendín:** Cuando el conductor que cubre la ruta, no ha dormido sus horas correspondientes o ha estado despierto muchas horas de las normales**.**
* **Conductores con distracción como anormalidad de la atención:** Esta variable hace referencia a conductores que tienen distracción por alguna anormalidad que tenga, esta anormalidad puede haber tenido desde nacimiento o haberse dado en el transcurso del tiempo.
* **Conductores con prueba de alcoholímetro positivo en la ruta Cajamarca – Celendín:** Cuando la policía de tránsito hace los operativos policiales y encuentran que algún conductor está conduciendo con cierto grado de alcohol en la sangre.
* **Conductores ebrios a excesiva velocidad:** Esta variable hace referencia a conductores que cubren la ruta, estando en estado de ebriedad y van a excesiva velocidad en la misma.
* **Vehículos con conductores en estado de ebriedad:** Esta variable hace referencia a la cantidad de vehículos con conductores en estado de ebriedad. Se tiene que tener en cuenta que los vehículos con conductores en estado de ebriedad, tienden a aumentar en épocas de fiestas patronales realizadas en la ciudad de Celendín o en épocas de fiestas costumbristas que se realizan principalmente en la ciudad de Cajamarca.
* **Conductor que ocasionó el accidente de tránsito se da a la fuga:** Los conductores que han ocasionado algún accidente de tránsito, se dan a la fuga; de esta manera dicho conductor no se responsabilizan por sus actos.
* **Vehículos con conductores sometidos a pruebas de alcoholímetro y revisión de documentos en la ruta Cajamarca – Celendín:** Durante los operativos policiales que se realizan, los conductores son sometidos a pruebas de alcoholímetro para descartar el uso de bebidas alcohólicas. Además son sometidos a revisión de su documentación, para verificar si cumplen con las reglas mínimas de tránsito.
* **Crecimiento de la población en las ciudades de Cajamarca y Celendín:** En lo últimos añosla población en las ciudades de Cajamarca y Celendín ha ido en constante aumento. Se tiene que tener en cuenta que dicho aumento no solo se ha realizado específicamente en las ciudades de Cajamarca y Celendín, sino también en lugares que están entre ambas ciudades; además el aumento también ha sido contante en distritos que pertenecen a las ciudades de Cajamarca y Celendín.
* **Peatones con cultura social por no respetar las señales de tránsito en la ruta Cajamarca – Celendín:** Cuando un peatón cruza la pista sin esperar el cruce del vehículo, generando así un cruce imprudente, por parte del peatón, es una de las muchas maneras de no respetar las señales de tránsito.
* **Cultura social del pasajero por llegar rápido a su destino:** Cuando los pasajeros que viajan en la ruta Cajamarca – Celendín tiene una cultura social de presionar al conductor para que este incremente la velocidad del vehículo. Los pasajeros presionar al conductor para que puedan llegar en menos tiempo a su destino, esto se debe a diferentes factores y/o motivos de los pasajeros.
* **Cultura social de no respetar las señales de tránsito en la ruta:** La sociedad actual, no tiende a respetar las señales de tránsito, debido a que no tienen una educación vial, en la sociedad.
* **Demanda de viajes:** Cuando hay un incremento de pasajeros que quieren viajar entre ambas ciudades, esta demanda de viajes tiende a incrementarse en fiestas patronales, costumbristas, fin de año y en menos porcentaje los fines de semana.
* **Demandas y denuncias al conductor causante del accidente:** Se le genera una demanda al conductor causante de un accidente de tránsito por parte de la familia del accidentado.
* **Desórdenes de salud en conductores que cubren la ruta Cajamarca – Celendín:** Los conductores no cuidan bien su salud. Principalmente debido al desorden alimenticio que estos tienen, como también a problemas personales, y al exceso de trabajo. Los trastornos alimenticios son condiciones serias que potencialmente ponen la vida en peligro y afectan la salud física y emocional de la persona.
* **Vehículos despistados:** Cuando en vehículo que cubre la ruta presenta un cambio brusco en la dirección.
* **Vehículos con conductores que tienen disminución de la capacidad de atención y concentración durante el manejo:** El conductor no está enfocado en conducir en vehículo que cubre la ruta Cajamarca - Celendín, producto de algún factor que le genera distracción.
* **Estímulos que constituyen distracción:** Cuando en la ruta se presentan factores que contribuyen a la distracción de los conductores. Por ejemplo, paneles de publicidad, pintas en las casas que están a orillas de la ruta, etc.
* **Vehículos con conductor que tiene cultura social por conducir a excesiva velocidad:** Circular en la ruta Cajamarca – Celendín con un vehículo que viaja por encima del límite de velocidad permitido, por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).
* **Fallas mecánicas del vehículo que cubre la ruta Cajamarca – Celendín:** Significa que el sistema clave del vehículo (el de frenos, el de dirección, el de suspensión, el de potencia, etc.) falló durante el viaje.
* **Fiestas patronales y costumbristas en las provincias de Cajamarca y Celendín:** Eventos y fiestas patronales que se celebran en diferentes fechas del año en las ciudades de Cajamarca y Celendín.
* **Hábitos del conductor por conducir durante la noche en la ruta Cajamarca – Celendín:** Cuando el conductor tiene el hábito de conducir en la ruta durante la noche.
* **Huaycos en la ruta Cajamarca – Celendín:** Masa enorme de tierra, piedras que las lluvias torrenciales desprenden de las alturas de los cerros y que al caer en la ruta ocasiona un bloque de la misma.
* **Identificaciones y sanciones por casos de infracción:** Cuando el conductor ha cometido una infracción de tránsito en la ruta, la policía de tránsito lo identifica y se da una pena por haber infringido una ley.
* **Vehículos en la Ruta Cajamarca – Celendín:** Cuando el parque automotor registra un crecimiento continuo en las ciudades de Cajamarca y Celendín además en lugares que están entre las ciudades antes mencionadas, y en distritos alejados de Celendín como: Sucre, José Gálvez, Jorge Chávez, Huasmin, Oxamarca, Sorochuco, entre otros. Debido a estos la demanda de viajes tiende a crecer y por ende la cantidad de vehículos.
* **Vehículos con inestabilidad por fallas mecánicas que cubren la ruta Cajamarca – Celendín:** Cuando el vehículo que cubre la ruta, empieza a presentar cierta inestabilidad producto de las fallas mecánicas que este mismo presenta.
* **Vehículos que invasión otro carril:** Abrupta e intempestiva irrupción en el carril contrario del que se maneja o en el carril que se tiene a la par una vez que se conduce.
* **Lluvias en la ruta Cajamarca– Celendín:** En tiempo de invierno (desde el mes de Noviembre hasta el mes de Mayo) en la ruta se presentan lluvias constantemente.
* **Mala alimentación de conductores que cubren la ruta Cajamarca – Celendín:** Desórdenes alimenticios por parte del conductor que cubre la ruta, esto debido a los malos hábitos alimenticios en su dieta y ciclo alimenticio que el conductor ha ido adquiriendo a través del tiempo.
* **Neblina en la ruta Cajamarca – Celendín:** Presencia de neblina en algunas partes de la ruta. La presencia de la neblina se da principalmente en época de invierno (Los últimos y los primeros meses de cada año) dicha neblina está presente en lugares como: Cumulca, pampa del toro, huañambra y cruzconga.
* **Peatones que se encuentran en la ruta y son atropellados por distracción del conductor al momento de conducir:** Cuando un peatón que se encuentra en la ruta es atropellado por un conductor que esta distraído.
* **Vehículos que trasladan pasajeros que ejercen presión por llegar a su destino en corto tiempo:** Vehículos que viajan en la ruta con pasajeros y un cierto porcentaje de estos ejercen presión al conductor para que pueda ir más rápido y así llegar a su destino en menos tiempo de lo previsto.
* **Vehículos con conductores con somnolencia excesiva genética:** Cuando el conductor presentar sueño excesivo producto de algún factor genético.
* **Temporada de viajes por fiestas patronales y costumbristas:** Incremento de viajes cada vez que se celebra la fiesta patronal en la ciudad de Celendín, y fiestas costumbristas (carnaval) en la ciudad de Cajamarca.
* **Usuarios de transporte en la ruta Cajamarca - Celendín mayores de 15 años:** Usuarios mayores de 15 años que viajan sin la compañía de una persona mayor.
* **Vehículos de transporte público que cubren la ruta Cajamarca – Celendín:** Cantidad de vehículos que prestan el servicio de transporte público y que cubren la ruta Cajamarca – Celendín en un determinado tiempo.
* **Viajeros potenciales que viajan en la ruta Cajamarca – Celendín:** Personas que viajan constantemente por la misma ruta.
* **Visibilidad limitada en la ruta Cajamarca – Celendín:** En la ruta existen factores (neblina, lluvia, etc.) que cubren la visibilidad, en tal sentido se tiene poca o nula visibilidad sobre la ruta.
* **Congestión vehicular:** Hace referencia al incremento de vehículos en la ruta, generando así una congestión vehicular en la misma.
* **Vehículos en movimiento con inestabilidad:** Cuando los vehículos que cubre la ruta Cajamarca – Celendín, están en movimiento y presentan inestabilidad sin importar cuales sean las causas.
* **Cantidad de pasajeros:** Esta variable hace referencia al número de pasajeros que viajan durante un determinado tiempo en la ruta Cajamarca- Celendín.
* **Destino del usuario:** Hace referencia al destino final del usuario que está viajando en la ruta.
* **Vehículos en excesiva velocidad:** Los vehículos que cubren la ruta Cajamarca – Celendín van a excesiva velocidad (velocidad mayor a la permitida en la ruta), sin importar cuales son las cusas.
* **Peatones atropellados por responsabilidad del conductor en la ruta Cajamarca – Celendín:** Esta variable hace referencia a que los peatones que están a orillas de la ruta, o que están cruzando en lugares permitidos son atropellados por un vehículo que cubre la ruta, pero con responsabilidad del conductor.
* **Vehículos con conductor somnoliento:** Los vehículos que cubren la ruta Cajamarca – Celendín van con conductor somnoliento.
* **Crecimiento de accidentes de tránsito por choques:** Hace referencia al incremento de accidentes de tránsito ocurridos en la ruta Cajamarca – Celendín, con respecto a años anteriores.
* **Incremento de familias afectadas emocionalmente:** Cuando se da un accidente de tránsito en la ruta Cajamarca – Celendín, las familias del accidentado tiende a ser afectadas emocionalmente.
* **Vehículos que transitan en condición de visibilidad limitada:** Los vehículos que viajan en la ruta Cajamarca – Celendín están en condiciones de poca visibilidad, esta poca visibilidad puede ser generada por las intensas lluvias que ocurren en la ruta, la abundancia de neblina en zonas como Cumulca o cuando el vehículo viaja de noche.
* **Peatón que cruza imprudentemente:** Cuando un peatón que está a orillas de la ruta Cajamarca – Celendín, cruza de manera imprudente sin respetar las señales de tránsito ocasionando así un accidente de tránsito.
* **Disminución de familias afectadas emocionalmente a consecuencia de accidentes vehiculares:** Cuando las familias que han sido afectadas emocionalmente por causa de un accidente de tránsito ocurrido en la ruta Cajamarca – Celendín, están disminuyendo.
* **Crecimiento de accidentes de tránsito ocurridos por volcadura:** Esta variable se refiera al incremento de accidente de tránsito por volcadura ocurridos en la ruta Cajamarca – Celendín.
* **Temporada de vacaciones de fin de año:** Época del año en la que es mayor los viajes entre las ciudades de Cajamarca y Celendín.
* **Crecimiento del parque automotor en Cajamarca y Celendín:** El parque automotor en las ciudad de Cajamarca y Celendín durante los últimos años ha se ha incrementado indiscriminadamente esta información lo revela el [Plan Estratégico Nacional de Seguridad Vial 2018-2021](http://larepublica.pe/tag/mtc).
* **Llamada entrante al celular del conductor que cubre la ruta:** Cuando un actor, externo al conductor que está cubriendo la ruta Cajamarca – Celendín realiza una llamada al teléfono celular del conductor.
* **Familias que tienen sus viviendas cerca de la ruta Cajamarca – Celendín:** En la ruta Cajamarca – Celendín existen muchas familias que tienen sus viviendas a orillas de la ruta.
* **Cultura social por consumir comida no saludable:** Los conductores que cubre la ruta Cajamarca – Celendín tienen una cultura social, preferencias por consumir comida saludable.
* **Condiciones climatológicas:** Durante los 4 primeros meses de cada año en la ruta Cajamarca - Celendín presenta constantemente huaycos, derrumbes, abundante neblina, pistas resbalosas productos de la temporada de lluvias que se da en esos meses.
* **Conductores nacidos con somnolencia excesiva genética:** Los conductores que cubren la ruta Cajamarca – Celendín presentan somnolencia excesiva genética
* **Victimas hospitalizadas por lesiones leves ocurridas en la ruta Cajamarca – Celendín:** Esta variable hace referencia a la cantidad de víctimas hospitalizadas por lesiones leves producto de un accidente de tránsito ocurrido en la ruta Cajamarca – Celendín.
* **Reclamos del familiar del accidentado a la empresa de transportes:** Los vehículos que cubre la ruta Cajamarca – Celendín pertenecen a una empresa de transporte, cuando se da un accidente de tránsito, los familiares de las víctimas tienden a realizar sus reclamos a las empresas respectivamente.
* **Distancia recorrida:** Hace referencia a la distancia que existe en la ruta Cajamarca – Celendín
* **Vehículos que cubren el transporte público en la ruta Cajamarca – Celendín:** Cantidad de vehículos que cubre la ruta Cajamarca - Celendín durante un determinado periodo.
* **Disminución de vehículos que entran en competencia por ganar más pasajeros:** Los vehículos en competencia tienden a disminuir cuando no hay muchos pasajeros en la ruta Cajamarca – Celendín.
* **Hábitos del conductor por conducir durante la noche en la ruta Cajamarca – Celendín:** conducta del conductor que cubre la ruta Cajamarca – Celendín que se repite en el tiempo de modo sistemático por conductor durante las noches.
* **Peatones que cruzan ante vehículos despistados en la ruta Cajamarca – Celendín:** Cuando un vehículo está despistándose y un peatón que está en esos momentos precisos cruza de manera imprudente.
* **Cruce imprudente de animales vacunos:** Lasfamilias que viven cerca de la ruta Cajamarca – Celendín, tienen ganado vacuno a orillas de la ruta y estos animales tienden a realizar algún cruce de la carretera, afectando de esta manera el libre transitar de los vehículos que cubren la ruta.
* **Familias que crían ganado vacuno cerca de la ruta:** Esta variable hace referencia a la cantidad de familias que viven cerca de la ruta Cajamarca – Celendín y que a la vez crían animales vacunos a orillas de la ruta. La parecencia de animales vacunos tienden a incrementarse en lugares como: Pampa del toro, sendamal, cruzconga y huñigan.
* **Familias que reciben terapia de apoyo ante accidentes de tránsito**: La familia de accidentado en algunas ocasiones reciben terapias de apoyo para poder superar los efectos del accidente de tránsito, ocurrido en la ruta de Cajamarca - Celendín.
* **Familia del infractor afectada emocionalmente:** Las familias de conductor que ocasionó el accidente de tránsito son de una u otra manera afectadas emocionalmente.
* **Familias afectadas emocionalmente por cambios en la forma de vida:** Las familias de la víctima por accidente de tránsito ocurrido en la ruta Cajamarca – Celendín, son afectadas emocionalmente debido a dicho accidente de tránsito.
* **Vehículos con fallas mecánicas cubren la ruta Cajamarca – Celendín:** Los vehículos que cubren la ruta Cajamarca – Celendín no han tenido una revisión mecánica, ergo estos presentan fallas mecánicas cuando cubren la ruta.
* **Vehículos con conductor que realizan maniobras para esquivar cruce imprudente de animal vacuno**: Debido a que existen familias que tiene sus viviendas en la ruta Cajamarca – Celendín, están crían ganado a orillas de la ruta; estos animales vacunos muchas veces cruzan de manera imprudente en la ruta y el conductor se ve obligado a realizar maniobras peligrosas para intentar esquivar a los animales.
* **Incremento de vehículos en competencia:** Los vehículos que cubren la ruta Cajamarca – Celendín tienden estar en competencia por ganar más pasajeros, en tal sentido los vehículos en fechas festivas tienden a estar en competencia por ganar más pasajeros.
* **Vehículos con conductores con cero infracciones:** Esta variable hace referencia los conductores que cubre la ruta Cajamarca – Celendín y que no presentan infracciones en su record de conductor.
* **Vehículos con conductores ebrios que se quedan dormidos en la ruta mientras conducen:** Mayormente en épocas de fiestas patronales que se realizan en el mes de Julio en Celendín o en épocas costumbristas realizadas en la ciudad de Cajamarca en los primeros meses de cada año la cantidad de vehículos con conductores ebrios tiende a aumentar, y cuando existe un conductor ebrio que conduce según investigaciones este tiende a quedarse dormido y se genera el accidente de tránsito.
* **Entidades públicas involucradas en el transporte público interprovincial:** Las entidades públicas como las municipalidades, dependencias del gobierno regional, órganos descentralizados del Ministerio de Transportes y Comunicaciones o la Policía Nacional del Perú en sus distintas dependencias están involucradas de manera más directa en el transporte público y estas pueden y/o toman acciones preventivas o cuando ocurren un accidente de tránsito en la ruta Cajamarca – Celendín
* **Entidades policiales encargadas del tránsito en la ruta:** Esta variable es más específica, hace referencia solamente a las dependencias policiales que se encargan específicamente del tránsito en la ruta Cajamarca – Celendín. Hay que tener en cuenta que la ruta antes mencionada está a cargo de la custodia de cinco dependencias policiales las cuales son: Dependencia policial del distrito de Cajamarca, dependencia policial del distrito de Celendín, dependencia policial del distrito de Sucre, dependencia policial del distrito de La Encañada y la dependencia policial del distrito de Baños del Inca. Todas estas dependencias realizan sus informes diarios y son enviados a la central de la PNP, dicha central se encuentra en la ciudad de Cajamarca para su respectivo procesamiento y análisis.
* **Vehículos identificados con infracción técnica vehicular:** Los operativos policiales que realizan en la ruta Cajamarca – Celendín las dependencias policiales tiene como uno de su objetivo identificar a los vehículos que tienen infracciones vehiculares, una vez que estos vehículos son identificados se procede a la multa o sanción correspondiente.
* **Vehículos con revisión técnica aprobada:** La inspección técnica vehicular se realiza principalmente para identificar a los vehículos que aún no han tenido una mantenimiento correspondiente, pero hay que tener en cuenta que todos los vehículos inscritos en el ***registro de propiedad vehicular*** que circulan por las vías públicas terrestres a nivel nacional, deben someterse y aprobar periódicamente las ***inspecciones técnicas vehiculares***, a excepción de aquellos exonerados de revisión técnica, tales como los vehículos de categoría L1 y L2 (bicimotos, tricimotos, ciclomotores y scooters de baja potencia). Los vehículos que cuentan con certificado de Inspección Técnica Vehicular vigente tienen menos posibilidades de tener un accidente de tránsito en la ruta Cajamarca – Celendín
* **Informalidad de vehículos que cubren la ruta Cajamarca y Celendín:** El transporte público que cubre la ruta Cajamarca – Celendín, ha ido en constante crecimiento en los últimos años. Producto de ello la informalidad, también ha ido en constante crecimiento. Los vehículos por lo general son autos y combis. Dichos vehículos no cuentan con un paradero establecido, generando así un peligro latente para la población. Además muchos de ellos actúan sin permiso de circulación. Ante ello, la forma de operar y administrar el servicio es informal, la forma de alquilar los vehículos es informal, los paraderos finales son informales, el horario de trabajo es informal los horarios de trabajo son informales.

##### **VARIABLES CONSECUENCIA**

* **Victimas hospitalizadas:** Las personas que sufrieron un accidente de tránsito en la ruta Cajamarca - Celendín están hospitalizadas y el hospital Regional de Cajamarca o en otro lugar.
* **Vehículos destrozados:** Después de sufrir un accidente de tránsito en la ruta, los vehículos involucrados sufren destrozos, fallas, destrucción, etc.
* **Traumatismo y daños psicológicos del accidentado:** La persona que sufrió el accidente de tránsito en la ruta Cajamarca – Celendín, presenta un cuadro de traumatismo y sufre daños psicológicos contantes.
* **Traumatismo encéfalo – craneano:** Se ha dado en el accidentado producto de un accidente de tránsito, ocurrido en la ruta Cajamarca – Celendín.
* **Sufrimiento emocional en la familia del accidentado:** Cuando se dan los accidentes de tránsito ya sean graves o leves, las familias del accidentado se ven perjudicadas, en consecuencia, tiene cambios emocionales en el estilo de vida ligera o drásticamente.
* **Desconfianza de la ruta Cajamarca – Celendín:** Cuando los ciudadanos no tienen mucha confianza a viajar por la ruta, debido al incremento de accidentes de tránsito que han ocurrido en la misma.
* **Familias afectadas emocionalmente por asumir costos de rehabilitación:** Las familias afectadas por el accidente de tránsito, tiende a que economía también se vea afectada, en consecuencia, son afectados emocionalmente.
* **Discapacitados por accidente de tránsito ocurrido en la ruta Cajamarca - Celendín:** Se refiera a la persona que esta encuentra imposibilitado física o mentalmente producto de un accidente de tránsito.
* **Gastos de rehabilitación de los discapacitados:** Hace referencia a los gastos económicos que se dan en la rehabilitación de la persona que han quedado discapacitada producto de un accidente de tránsito ocurrido en la ruta**.**
* **Gastos económicos de la familia del accidentado**: Cuando la familia de la persona que sufrió un accidente de tránsito en la ruta, cubre económicamente los gastos que ocasiona dicho accidente.
* **Problemas conductuales y cambios de personalidad del accidentado:** Cuando el accidentado presenta algunos problemas relacionados con su conducta. Su personalidad también presenta cambios.
* **Lesiones graves con discapacidad permanente en personas accidentadas:**

El accidente de tránsito con lesione graves presupone cuando sufrimos la pérdida de un miembro importante del cuerpo, quedamos dementes o notablemente deformes.

* **Suspensión a la empresa:** Cuando a la empresa que brinda el servicio de transporte público en la ruta Cajamarca – Celendín, se le suspende el permiso de circulación en dicha ruta.
* **Pérdida de capacidad productiva del accidentado:** El accidentado no puede trabajar o cumplir con las obligaciones en la casa o en el trabajo, en tal sentido ha perdido la capacidad productiva por causa de accidente de tránsito ocurrido en la ruta Cajamarca – Celendín.
* **Reclamos a las autoridades competentes:** Cuando los conductores y los pasajeros reclaman a las autoridades para que se haga un mejoramiento de la ruta Cajamarca - Celendín.
* **Pérdida de empleo del conductor que ocasionó el accidente de tránsito:** El conductor que cubre la ruta, ha ocasionado un accidente de tránsito, en tal sentido le quitan la licencia de conducir y por ende pierde su empleo de conductor.
* **Pasajeros no llegan a tiempo a su destino:** Los pasajeros presentan algún retraso en la ruta y no llegan a tiempo a su destino.
* **Pasajeros varados en la ruta Cajamarca - Celendín:** Cuando los pasajeros por algún motivo (vehículos malogrados, huaycos, derrumbes) no pueden continuar con su viaje.
* **Indemnización a los pacientes por parte del conductor que ocasionó el accidente:** Acción que se le otorga a la víctima del accidente de tránsito, para exigir de parte del conductor que ocasiono en accidente de tránsito una cantidad de dinero.
* **Accidente de tránsito mortal:** Esta variable hace referencia a los accidentes de tránsito (sea cual fuere la causa o motivo), que tiene como consecuencias victimas mortales.
* **Accidentes leves en la ruta Cajamarca - Celendín:** Hace referencia a los accidentes de tránsito ocurridos en la ruta Cajamarca - Celendín que tiene a víctimas con lesiones leves.
* **Amputaciones al accidentado en la ruta Cajamarca – Celendín:** Luego de sufrir accidentes graves, el accidentado tiene que recurrir obligatoriamente a las amputaciones para conversar su salud.
* **Familias afectadas por ausencia del familiar por accidente de tránsito mortal:** Cuando en un accidente de tránsito hay personas fallecidas, entonces se siente la ausencia en la familia de la persona fallecida, por ende, la familia de la persona fallecida tiende a ser afectadas
* **Pasajeros descontentos que viajan en la ruta Cajamarca – Celendín:** Cuando el pasajero no llega a tiempo a su destino, o cuando el vehículo presenta fallas mecánicas se desencadena un descontento por parte de los pasajeros.
* **Conductor que ocasionó accidente de tránsito es detenido por las autoridades:** Cuando el conductor que cubre la ruta Cajamarca – Celendín, es detenido por las autoridades policiales, ya sea por manejar en excesiva velocidad, en estado de ebriedad, por infringir alguna regla de tránsito, por no tener documentos en regla etc**.**
* **Obligación civil de pagar costos, daños y prejuicios por parte de los responsables de la infracción:** Cuando la ley le obliga a pagar los daños y perjuicios ocasionados por el responsable del accidente del tránsito, al accidentado.
* **Conductores que tienen que asumir las consecuencias:** Los conductores que han ocasionado algún accidente de tránsito en la ruta Cajamarca - Celendín, asumen las consecuencias de sus actos, se responsabilizan y no se dan a la fuga.
* **Vehículos sancionados por infracción técnica vehicular:** Esta variable hace referencia a la cantidad de vehículos que hayan sido sancionado producto de haber cometido una infracción vehicular en la ruta Cajamarca – Celendín en un determinado tiempo.

##### **VARIABLES MANIFESTACIONES**

* **Accidentes vehiculares graves en la ruta:** Esta variable se refiera a las personas que han sufrido un accidente de tránsito en la ruta Cajamarca – Celendín y dicho accidente de tránsito es categorizado como grave.
* **Transporte público en la ruta Cajamarca – Celendín:** Esta variable hace referencia al flujo de vehículos de transporte público que cubre la ruta Cajamarca – Celendín
* **Peatones atropellados:** Esta variable se refiere al atropello por parte de un vehículo que cubre la ruta hacia un peatón, ya sea que el peatón cruce o no de manera imprudente la pista.
* **Vehículos que chocan contra el cerro:** Cuando un vehículo que cubre la ruta Cajamarca – Celendín cocha contra un cerro, sin importar cuál sea la causa.
* **Vehículos que se chocan entre sí:** Cuando dos vehículos que están en movimiento en la ruta, sufren un choque entre los mismos, sin importar cueles fuesen las causas.
* **Vehículos accidentados:** El vehículo que cubre la ruta Cajamarca – Celendín sufre la acción de accidentarse.
* **Familias afectadas emocionalmente:** Cuando las familias de todos los actores involucrados en el accidente de tránsito ocurrido en la ruta son afectadas emocionalmente.

##### **VARIABLE MEDIDA**

* **Operativos policiales de tránsito en la ruta Cajamarca – Celendín:** Operativos contantes que realizan la policía de tránsito en la ruta.
* **Proyectos de señalización:** Proyectos que están destinados a mejorar la señalización vial de la ruta.
* **Proyectos de infraestructura vial en la ruta Cajamarca – Celendín:** Cuando los gobiernos tienen proyectos que sirven para mejorar la infraestructura de la ruta.
* **Planeación de movilidad vial en la ruta Cajamarca – Celendín:** Las personas realizan una planificación para realizar un viaje de una ciudad a otra por la ruta Cajamarca – Celendín.
* **Presupuesto Local para proyectos de señalización en la ruta Cajamarca – Celendín:** Presupuesto por parte de las municipalidades asignado para el mejoramiento de señalización de la ruta.
* **Papeleta al conductor:** Cuando el conductor infringe una ley, el policía de tránsito que en esos momentos están en la ruta lo interviene lo sanciona con una papeleta de tránsito**.**
* **Vehículos con mantenimiento vehicular:** Acciones tomadas por parte del dueño o de la empresa a los vehículos que cubren la ruta Cajamarca – Celendín, con el fin de realizar una corrección y reparación de las fallas que presenta el vehículo. Estos mantenimientos se realizan periódicamente o después de haber tenido un accidente de tránsito en la ruta antes mencionada.
* **Orientación educativa al conductor:** Conjunto de acciones, conductas, estrategias, pedagogías brindadas al conductor sobre el transporte.
* **Mejora de la ruta Cajamarca – Celendín:** Las autoridades del distrito de Cajamarca, Baños del Inca, La Encañada y Celendín, realizan proyectos, obras para mejorar de manera relativa la ruta Cajamarca – Celendín.

#### **ETAPA II: SITUACIÓN ESTRUCTURADA DEL PROBLEMA**

En esta etapa se va a describir la realidad. En primer lugar se muestra el cuadro pictográfico, seguidamente se muestra el diagrama causal y para finalizar esta etapa se muestra el diagrama Forrester.

##### **DIAGRAMA PICTOGRÁFICO**

En esta parte se concateno a todos los elementos o variables identificadas en la primera etapa, así mismo se realizó una interrelación analítica de las variables, donde se observan los sucesos acaecidos en la realidad problemática con mayor claridad y precisión, muchas de ellas alineadas alrededor de lo establecido. Adicionalmente se realizó diferente entrevistas (ver Anexo 1) realizadas a tres actores principales de la problemática.

A continuación, el autor muestra el diagrama pictográfico.

**Figura 14: Diagrama pictográfico.**

**(Pérez, W.; 2018)**

##### **DIAGRAMA CAUSAL**

Una vez creado el cuadro pictográfico, se da paso a la creación del diagrama causal. Para la elaboración del diagrama causal el autor realizo diversos viajes en diferentes épocas del año, así como la realización de una serie de entrevistas [**(Ver Anexo 1)**](#_ANEXO_1) para complementar sus interrelaciones de las variables. Para llegar hasta el diagrama causal, se tuvo que analizar cada variable identificada y luego categorizarlas. Para realizar una relación más detallada de todas las variables se ha tenido a bien hacer una descripción detallada de la significancia de cada variable. Adicionalmente se tuvo que analizar las variables bajo ciertos parámetros tales como: Las variables tienen que ser cuantificables, si las variables que el autor ha obtenido no estaban categorizadas como cuantificables, se ha optado por desecharlas o renombrarlas. Además, se verifico en todo el proceso de integración de las variables, que estas no incluyan algún verbo que sugiera incremento o decremento de las mismas, con esto se ha excluido dos de los errores más comunes que se comente al momento de armar un diagrama causal.

Seguidamente se analizó de manera detallada y minuciosa las relaciones formadas entras las variables, este análisis de las relaciones entre variables tuvo como objetivo ver si se contribuía a la explicación del objeto de estudio, en caso de no estar aportando a la explicación del objeto de estudio, se tuvo que ir modificándolas e incluso eliminarlas. El mismo nivel de cuidado se tuvo para la realización de los bucles, principalmente en los bucles que se escogió para la simulación. Además, se tuvo que reajustar el diagrama causal, debido a que la obtención del diagrama causal propuesto incluye a las variables solucionadoras y estas en su gran mayoría son variables del tipo auxiliares.

Finalmente, se tuvo bastante tino con la estructuración. Se ha ido armando pequeños modelos, estos iban girando en torno a las variables del tipo nivel, luego a las variables causas, consecuencias y finalmente a las variables exógenas, luego de la identificación se procedió a unir las variables, y determinar el tipo de influencia que tiene una variable sobre la otra, llegando así a obtener nuestro diagrama causal. Estos modelos, conforme el autor iba agregando más variables iban creciendo y adoptando nuevos comportamientos. El diagrama causal fue sometido a un profundo análisis, para así poder realizar una retroalimentación de los bucles. Una vez que se ha realizado la retroalimentación se procedió a colocar las tasas en las variables correspondientes y con ello se dio por terminada la estructuración del diagrama causal.

En la siguiente figura se va a mostrar el diagrama causal.

**Figura 15: Diagrama causal.**

**(Pérez, W.; 2018)**

Una vez mostrado el diagrama causal, se muestran los diferentes cuadros con todas las variables usadas en el diagrama causal, dichas variables están representadas con su respectiva clasificación, su nemónico y su unidad de medida.

El diagrama está constituido por siete variables del tipo nivel, estas variables representan acumulaciones con evolución tendencial, significativa medible y observable. En la siguiente tabla se muestra las ocho variables del tipo nivel que forman parte de nuestro modelo.

**VARIABLES NIVEL**

**Tabla 2 : Niveles para el diagrama causal.**

**(Pérez, W.; 2018)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Nº | Nombre de variable | Nemónico | Unidad de medida |
| 1 | Accidentes vehiculares graves en la ruta | A.V.G.R | Accidentes/Año |
| 2 | Transporte público en la ruta Cajamarca – Celendín | T.P.R.C.C | Vehículos/Año |
| 3 | Peatones atropellados | P.A | Peatones/Año |
| 4 | Vehículos que chocan contra el cerro | V.C.C | Vehículos/Año |
| 5 | Vehículos que se chocan entre sí | V.C.S | Vehículos/Año |
| 6 | Vehículos accidentados | V.A | Vehículos/Año |
| 7 | Familias afectadas emocionalmente | F.A.E | Familias/Año |

Una vez identificadas las variables del tipo nivel, el siguiente paso es la identificación de los flujos. Como se sabe, los flujos simbolizan el cambio de las variables de nivel durante un periodo de tiempo, al representar la variación del flujo, son las derivadas de los niveles con respecto al tiempo. Estas variables suelen estar intervenidas con variables auxiliares o con coeficientes (o tasas). A las variables flujo, solo le pueden llegar variables auxiliares, las variables del tipo nivel y las tasas.

A continuación, el autor va mostrar las variables tipo flujos.

**VARIABLES FLUJOS**

**Tabla 3: Flujos para el diagrama causal.**

**(Pérez, W.; 2018)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Nº | Nombre de variable. | Nemónico. | Unidad de medida. |
| 1 | Vehículos en movimiento con inestabilidad | V.M.I | Vehículos/Año |
| 2 | Cantidad de pasajeros | C.P | Pasajeros/Año |
| 3 | Destino del usuario | D.U | Km2 |
| 4 | Vehículos en excesiva velocidad | V.E.V | Vehículos/ Año |
| 5 | Peatones atropellados por responsabilidad del conductor en la ruta Cajamarca – Celendín | P.A.R.C.R.C.C | Peatones/Año |
| 6 | Vehículos que invaden el otro carril | V.I.O.C | Vehículos/ Año |
| 7 | Vehículos con conductor somnoliento | V.C.S | Vehículos/ Año |
| 8 | Crecimiento de accidentes de tránsito por choques | C.A.T.Ch | Accidentes/Año |
| 9 | Incremento de familias afectadas emocionalmente | I.F.A.E | Familias/Año |
| 10 | Vehículos que transitan en condición de visibilidad limitada | V.T.C.V.L | Vehículos/ Año |
| 11 | Peatón que cruza imprudentemente | P.C.I | Peatones/Año |
| 12 | Disminución de familias afectadas emocionalmente a consecuencia de accidentes vehiculares | D.F.A.E.C.A.G | Accidentes/Año |
| 13 | Disminución de familias afectadas emocionalmente a consecuencia de accidentes vehiculares | D.F.A.E.C.A.V | Familias/Año |
| 14 | Crecimiento de accidentes de tránsito ocurridos por volcadura | C.A.T.O.V. | Accidentes/Año |
| 15 | Vehículos con revisión técnica aprobada | V.R.T.A | Vehículos/Año |

Seguidamente tenemos a las tasas, estas variables muestran una relación existente entre una cantidad y la frecuencia de un fenómeno. En la siguiente tabla se muestran diecisiete variables del tipo “tasas” con su respectivo nemónico y su unidad de medida.

**TASAS**

**Tabla 4: Tasas para el diagrama causal.**

**(Pérez, W.; 2018)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Nº | Nombre de Variable. | Nemónico. | Unidad de medida. |
| 1 | Tasa de vehículos en la ruta con inestabilidad por fallas mecánicas | T.V.R.I.F.M | 1/ Año |
| 2 | Tasa de familias afectadas emocionalmente por asumir costes de rehabilitación | T.F.A.E.A.C.R | 1/ Año |
| 3 | Tasa de familias afectadas por ausencia de familiar con accidente de tránsito mortal | T.F.A.A.F.A.T.M | 1/ Año |
| 4 | Tasa de familias del infractor afectadas emocionalmente | T.F.I.A.E | 1/ Año |
| 5 | Tasa de peatones atropellados que cruzan ante vehículos despistados | T.P.A.C.V.D | 1/ Año |
| 6 | Tasa de peatones con cultura social de no respetar las señales de tránsito | T.P.C.S.R.S.T | 1/ Año |
| 7 | Tasa de vehículos con conductor somnoliento por efectos de las drogas | T.V.C.S.E.D | 1/ Año |
| 8 | Tasa de vehículos con conductor somnoliento por estado de ebriedad | T.V.C.S.E.E | 1/ Año |
| 9 | Tasa de vehículos con conductores con somnolencia excesiva genética | T.V.C.S.E.G | 1/ Año |
| 10 | Tasa de vehículos con excesiva velocidad por presión del pasajero | T.V.E.V.P.P | 1/ Año |
| 11 | Tasa de vehículos con fallas mecánicas que invaden otro carril | T.V.F.M.I.C | 1/ Año |
| 12 | Tasa de vehículos en excesiva velocidad por conductores en estado de ebriedad | T.V.E.V.C.E.E | 1/ Año |
| 13 | Tasa de vehículos en excesiva velocidad por conductores bajo los efectos de las drogas | T.V.E.V.C.E.D | 1/ Año |
| 14 | Tasa de vehículos que chocan contra en cerro | T.V.Ch.C.C | 1/ Año |
| 15 | Tasa de vehículos que invaden otro carril con conductores con buena capacidad de reacción | T.V.I.C.C.B.C.R | 1/ Año |
| 16 | Tasa de vehículos que transitan en condición de visibilidad limitada | T.V.T.C.V.L | 1/ Año |
| 17 | Tasa de vehículos accidentados | T.V.V | 1/ Año |

También se tiene a las variables exógenas. En la siguiente tabla se muestran dichas variables.

**VARIABLES EXOGENAS**

**Tabla 5: Variables exógenas para el diagrama causal.**

**(Pérez, W.; 2018)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Nº | Nombre de Variable. | Nemónico. | Unidad de medida. |
|  | Temporada de vacaciones de fin de año. | T.V.F.A | Año |
| 1 | Crecimiento de la población en las ciudades de Cajamarca y Celendín. | C.P.C.C.C | Población/ m^2 |
| 2 | Cultura social del pasajero por llegar rápido a su destino | C.S.P.Ll.R.D | # Pasajeros |
| 3 | Crecimiento del parque automotor en Cajamarca y Celendín. | C.P.A.C.C | Vehículos/ Año |
| 4 | Llamada entrante al celular del conductor que cubre la ruta | Ll.E.C.C.R.C.C | #Llamadas |
| 5 | Familias que tienen sus viviendas cerca de la ruta Cajamarca – Celendín. | F.T.V.R.C.C | #Familias |
| 6 | Empresas que ponen carteles de publicidad en la ruta sin autorización. | E.P.C.P.R.A | Publicidad |
| 7 | Cultura social por consumir comida no saludable. | C.S.C.C.S | Comida Chatarra |
| 8 | Cultura social de no respetar las señales de tránsito en la ruta. | C.S.N.R.S.T | Peatones/Año |
| 9 | Condiciones climatológicas. | C.C | Año |
| 10 | Conductores nacidos con somnolencia excesiva genética | C.N.S.E.G | Conductores |
| 11 | Fiestas patronales y costumbristas en las provincias de Celendín y Cajamarca. | F.P.C.P.C.C | # Fiestas patronales |
| 12 | Entidades públicas involucradas en el transporte público interprovincial | E.P.I.T.P.I. | #Entidades publicas |
| 13 | Entidades policiales encargadas del tránsito en la ruta. | E.P.E.T.R | #Entidades policiales |

Finalmente se tiene a las variables auxiliares. Estas variables son dependientes e intermedias. Son las que reciben información de otras variables que transforman en nueva información en base a una función determinada y cuya salida se dirige hacia otra variable auxiliar o hacia una variable de flujo. A continuación se muestra en una tabla a todas las variables auxiliares que forman parte del modelo, dichas variables están con su respectivo nemónico y su unidad de medida.

**VARIABLES AUXILIARES**

**Tabla 6: Variables auxiliares del diagrama causal.**

**(Pérez, W.; 2018)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Nº | Nombre de variable | Nemónico | Unidad de medida |
| 1 | Vehículos con visibilidad limitada en la ruta Cajamarca – Celendín. | V.V.L.R.C.C | Vehículos/ Año |
| 2 | Vehículos que viajan en carreteras resbalosas de la ruta Cajamarca – Celendín. | V.V.C.R.R.C.C | Vehículos/ Año |
| 3 | Vehículos con inestabilidad por fallas mecánicas que cubren la ruta Cajamarca – Celendín | V.I.F.M.C.R.C.C | Vehículos/ Año |
| 4 | Neblina en la ruta Cajamarca – Celendín. | N.R.C.C | Grado |
| 5 | Lluvias en la ruta Cajamarca – Celendín. | L.R.C.C | Milímetros/Año |
| 6 | Fallas mecánicas del vehículo que cubre la ruta Cajamarca – Celendín. | F.M.V.C.R.C.C | Vehículos/ Año |
| 7 | Vehículos con mantenimiento vehicular. | V.M.V | Nº Mantenimientos/Año |
| 8 | Planeación de movilidad vial en la ruta Cajamarca – Celendín. | P.M.V.R.C.C | Pasajeros/Año |
| 9 | Vehículos de transporte público que cubren la ruta Cajamarca – Celendín | V.T.P.C.R.C.C | Vehículos/ Año |
| 10 | Suspensión a la empresa. | S.E | Nº Suspensiones/Año |
| 11 | Reclamos a las autoridades competentes. | R.A.C | Nº Reclamos/ Año |
| 12 | Pasajeros descontentos que viajan en la ruta Cajamarca – Celendín. | P.D.V.R.C.C | Pasajeros/Año |
| 13 | Aumento del tiempo de viaje por parte del conductor. | A.T.V.C | Hr. |
| 14 | Pasajeros no llegan a tiempo a su destino | P.Ll.T.D | Pasajeros/Año |
| 15 | Pasajeros varados en la ruta Cajamarca – Celendín | P.V.R.C.C | Pasajeros/Año |
| 16 | Congestión vehicular | C.V | Vehículos/ Año |
| 17 | Visibilidad limitada en la ruta Cajamarca – Celendín | V.L.R.C.C | Km2 |
| 18 | Bloqueo de la ruta Cajamarca – Celendín | B.R.C.C | Km2 |
| 19 | Huaycos en la ruta Cajamarca – Celendín. | H.R.C.C | Huaycos/Año |
| 20 | Accidentes leves en la ruta Cajamarca – Celendín | A.L.R.C.C | Accidentes/Año |
| 21 | Victimas hospitalizadas por lesiones leves ocurridas en la ruta Cajamarca – Celendín | V.H.L.L.O.R.C.C | Accidentes/Año |
| 22 | Reclamos del familiar del accidentado a la empresa de transportes | R.F.A.E.T | Reclamos/Año |
| 23 | Demanda de viajes | D.V | Pasajeros/Año |
| 24 | Viajeros potenciales que viajan en la ruta Cajamarca – Celendín | V.P.V.R.C.C | Pasajeros/Año |
| 25 | Usuarios de transporte en la ruta Cajamarca - Celendín mayores de 15 años | U.T.R.C.C.M | Pasajeros/Año |
| 26 | Distancia recorrida | D.R | m2 |
| 27 | Vehículos que cubren el transporte público en la ruta Cajamarca – Celendín | V.C.T.P.R.C.C | Vehículos/ Año |
| 28 | Disminución de vehículos que entran en competencia por ganar más pasajeros | D.V.C.G.P | Vehículos/ Año |
| 29 | Vehículos en la Ruta Cajamarca – Celendín | V.R.C.C | Vehículos/ Año |
| 30 | Vehículos con conductores con somnolencia excesiva genética | V.C.S.E.G | Vehículos |
| 31 | Vehículos con conductores que tienen un autocontrol al momento de conducir | V.C.A.M.C | Vehículos/ Año |
| 32 | Vehículos que cubren la necesidad de transporte en la ruta Cajamarca-Celendín | V.C.N.T.P.R.C.C | #Vehículos/ Año. |
| 33 | Vehículos que trasladan pasajeros que ejercen presión por llegar a su destino en corto tiempo. | V.T.P.E.P.L.D.C.T | Vehículos/ Año |
| 34 | Hábitos del conductor por conducir durante la noche en la ruta Cajamarca - Celendín | H.C.C.D.N.R.C.C | #Conductores |
| 35 | Vehículos con conductores sometidos a pruebas de alcoholímetro y revisión de documentos en la ruta Cajamarca – Celendín. | V.C.S.P.A.R.D.R.C.C | Operativos/Año |
| 36 | Conductores con prueba de alcoholímetro positivo en la ruta Cajamarca – Celendín. | C.P.A.P.R.C.C | Conductores |
| 37 | Identificaciones y sanciones por casos de infracción. | I.S.C.I | Sanciones/Año |
| 38 | Papeleta al conductor. | P.C | Papeletas/Año |
| 39 | Obligación civil de pagar costos daños y prejuicios por parte de los responsables de la infracción. | O.C.P.D.P.R.I | s/. |
| 40 | Conductores ebrios a excesiva velocidad. | C.E.E.V | Conductores |
| 41 | Vehículos con conductores en estado de ebriedad. | V.C.E.E | Vehículos |
| 42 | Cambios en el estilo de vida de conductor que cubre la ruta Cajamarca – Celendín. | C.E.V.C.C.R.C.C | Conductores |
| 43 | Vehículos con conductores bajos los efectos de las drogas. | V.C.B.E.D | Vehículos |
| 44 | Mala alimentación de conductores que cubren la ruta Cajamarca – Celendín. | M.A.C.R.C.C | Conductores |
| 45 | Vehículos con conductor que tiene cultura social por conducir en excesiva velocidad. | V.C.C.S.C.E.V | Conductores |
| 46 | Desordenes de salud en conductores que cubren la ruta Cajamarca – Celendín. | D.S.C.R.C.C | Conductores |
| 47 | Cansancio del conductor. | C.C | Conductores |
| 48 | Vehículos que cubre la necesidad de transporte público en la ruta Cajamarca-Celendín | V.C.N.T.P.R.C.C. | #Vehículos/Año |
| 49 | Vehículos con conductores que tienen disminución de la capacidad de atención y concentración durante el manejo. | V.C.D.C.A.C.D.M | Vehículos/Año |
| 50 | Conductor trasnochado que cubre la ruta Cajamarca – Celendín. | C.T.R.C.C | Conductores |
| 51 | Conductores que cubren varias veces la ruta Cajamarca - Celendín en una noche. | C.C.V.V.R.C.C.N | Conductores |
| 52 | Hábitos del conductor por conducir durante la noche en la ruta Cajamarca – Celendín. | H.C.N.R.C.C | Conductores |
| 53 | Conducir más horas de las establecidas. | C.M.H.E | Conductores |
| 54 | Temporada de viajes por fiestas patronales. | T.V.F.P | Viajes/Año |
| 55 | Peatones que cruzan ante vehículos despistados en la ruta Cajamarca – Celendín. | P.C.V.D.R.C.C | Peatones/Año |
| 57 | Peatones que se encuentran en la ruta y son atropellados por distracción de conductor al momento de conducir. | P.E.R.A.D.C.C | Peatones/Año |
| 58 | Peatones con cultura social de no respetar las señales de tránsito en la ruta Cajamarca – Celendín. | P.C.S.R.S.T.R.C.C | Peatones/Año |
| 59 | Vehículos despistados. | V.D |  |
| 60 | Cruce imprudente de animales vacunos. | C.I.A.V | Vehículos |
| 61 | Familias que crían ganado vacuno cerca de la ruta. | F.C.G.V.R | Ganado/ Familia |
| 62 | Traumatismo y daños psicológicos del accidentado. | T.D.P.A | Accidentes/Año |
| 63 | Lesiones graves con discapacidad permanente en personas accidentadas. | L.G.D.P.P.A | Accidentes/Año |
| 64 | Victimas hospitalizadas. | V.H | Accidentes/Año |
| 65 | Traumatismo encéfalo – craneano. | T.E.C | Accidentes/Año |
| 66 | Amputaciones al accidentado en la ruta Cajamarca – Celendín | A.A.R.C.C | Accidentes/Año |
| 67 | Pérdida de capacidad productiva del accidentado | P.C.P.A | Accidentes/Año |
| 68 | Sufrimiento emocional en la familia del accidentado. | S.E.F.A | Accidentes/Año |
| 69 | Discapacitados por accidente de tránsito ocurrido en la ruta Cajamarca – Celendín. | D.A.T.R.C.C | Accidentes/Año |
| 70 | Gastos de rehabilitación de los discapacitados. | G.R.D | Accidentes/Año |
| 71 | Gastos económicos de la familia del accidentado. | G.E.F.A | Accidentes/Año |
| 72 | Familias afectadas emocionalmente por asumir costes de rehabilitación. | F.A.E.A.C.R | Accidentes/Año |
| 73 | Problemas conductuales y cambios en la personalidad del accidentado. | P.C.C.P.A | Accidentes/Año |
| 74 | Desconfianza de la ruta Cajamarca - Celendín | D.R.C.C | Accidentes/Año |
| 75 | Indemnización a los pacientes por parte del conductor que ocasionó el accidente de tránsito. | I.P.P.C.O.A.T | Accidentes/Año |
| 76 | Familias que reciben terapia de apoyo ante accidentes de tránsito. | F.R.T.A.A.T | Accidentes/Año |
| 77 | Demandas, denuncias al conductor causante del accidente de transito | D.C.C.A.T | Demandas/ año |
| 79 | Conductores que tienen que asumir las consecuencias. | C.A.C | Conductores |
| 80 | Conductor que ocasiono el accidente de tránsito se da a la fuga. | C.O.A.T.F | Conductores |
| 81 | Conductor que ocasionó accidente de tránsito detenido por las autoridades | C.O.A.T.D.A | Conductores |
| 83 | Pérdida del empleo del conductor que ocasiono el accidente de tránsito. | P.E.C.O.A.T | Conductores |
| 84 | Familia del infractor afectada emocionalmente. | F.I.A.E | Accidentes/Año |
| 85 | Familias afectadas emocionalmente por cambios en la forma de vida. | F.A.E.C.F.V | Accidentes/Año |
| 86 | Vehículos con fallas mecánicas cubren la ruta Cajamarca - Celendín | V.F.M.R.C.C | Vehículos/ Año |
| 87 | Vehículos con conductores con buena capacidad de reacción. | V.C.B.C.R | Vehículos/ Año |
| 88 | Vehículos con conductor que realizan maniobra para esquivar cruce imprudente de animal vacuno. | V.C.R.M.E.C.I.A.V | Vehículos/ Año |
| 89 | Conductor haciendo uso del celular. | C.H.U.C | Conductores |
| 90 | Conductores con distracción como anormalidad de la atención. | C.D.A.A | Conductores |
| 91 | Estímulos que constituyen distracción. | E.C.D | Publicidad/Año |
| 92 | Carteles como publicidad en la ruta Cajamarca – Celendín. | C.P.R.C.C | Publicidad/Año |
| 93 | Accidente de tránsito mortal | A.T.M | Fallecidos/Año |
| 94 | Familias afectadas por ausencia de familiar con accidente de tránsito mortal. | F.A.E.F.A.T.M | Fallecidos/Año |
| 95 | Vehículos destrozados | V.D | Vehículos |
| 96 | Vehículos en competencia por ganar más pasajeros. | V.C.G.P | Vehículos/Año |
| 97 | Incremento de vehículos en competencia. | I.V.C | Vehículos/ Año |
| 98 | Vehículos sancionados por infracción técnica vehicular | V.S.I.T.V | Vehículos sancionados/ Año |
| 99 | Vehículos con conductores con cero infracciones | V.C.C.I | #Vehículos |
| 100 | Vehículos con conductores ebrios que se quedan dormidos en la ruta mientras conducen. | V.C.E.Q.D.R.M.C. | #Conductores ebrios |
| 101 | Vehículos identificados con infracción técnica vehicular | V.I.I.T.V | #Vehículos |
| 102 | Informalidad de vehículos que cubren la ruta Cajamarca y Celendín | I.V.C.R.C.C | #Vehículos |

##### **DIAGRAMA FORRESTER**

Una vez que el autor obtuvo el diagrama causal, se procedió a la realización del diagrama Forrester. Esta es una forma de representación del diagrama causal. En este diagrama el estado de las variables del tipo nivel es fundamental para tener un conocimiento sobre el comportamiento del sistema en sí. A cada nivel le llegan las variables denominadas flujos, que no son más que las causas; estos flujos hacen cambiar a los niveles.

La formalización del modelo conceptualmente concebido se dio en esta etapa y para que se logre dar ello, se requirió la identificación de las ecuaciones que las relaciones entre las diferentes variables determinan. Además, se requirió identificar el estado inicial del modelo, donde las tasas que llegan a las variables nivel tengan un adecuado ajuste, en esta etapa lo que se tuvo que logar adicional a lo anterior es la simulación de la realidad o ver el llamado escenario real.

Para lograr la transformación del diagrama causal al diagrama Forrester, se utilizó los siguientes tipos de variables: niveles, flujos, auxiliares, tasas, canal de información, canal de material, exógenas y fuente o sumidero. Para la simulación del diagrama Forrester se ha hecho uso del software vensim PLE.

Para realizar la construcción del diagrama Forrester en el software Vensim PLE, lo primero que se hizo fue de ingresar las siete variables del tipo nivel, las cuales son: ***Accidentes vehiculares graves en la ruta***, ***transporte público en la ruta Cajamarca – Celendín***, ***peatones atropellados, vehículos que chocan contra el cerro, vehículos que se chocan entre sí, vehículos accidentados,*** y finalmente ***familias afectadas emocionalmente***; una vez que se ingresó todas las variables mencionadas en el software, se ingresaron los flujos, luego a los flujos se ingresaron las tasas en cada flujo respectivamente, finalmente se ingresaron las variables auxiliares. A continuación, se muestra el diagrama Forrester.

**Figura 16: Diagrama Forrester.**

**(Pérez, W.; 2018)**

### **DEFINICIÓN BÁSICA DEL PROBLEMA**

Los constantes accidentes de tránsito en la ruta Cajamarca – Celendín son causados principalmente por cinco factores: La embriaguez del conductor, la excesiva velocidad, los factores climatológicos, fallas mecánicas del vehículo y el sueño en el conductor. En las siguientes líneas el autor va a realizar una breve descripción del porque ha considerado dichos factores. Los accidentes de tránsito por la embriaguez del conductor, se dan principalmente en fechas festivas y costumbristas en la provincia de Celendín como en la provincia de Cajamarca, ya sea en fiestas patronales que se realizan en mes de Julio en la provincia de Celendín, o fiestas de carnavales realizadas en los primeros meses de cada año en la ciudad de Cajamarca. La excesiva velocidad es una causante que se da constantemente en el trascurso del año, esto debido a que existe una rivalidad por parte de los conductores que cubren la ruta en ganar más pasajeros y en algunos casos por la presión del pasajero para llegar en menos tiempo a su destino. Con lo que respecta al causal factor climatológico; tanto a las lluvias, como la neblina se dan principalmente en los meses finales y los primeros meses de cada año, debido a que la estación de lluvias intensas en la región de Cajamarca ocurre entre los meses de Noviembre y Mayo. En cuanto a las fallas mecánicas, producen los accidentes de tránsito constantemente en el transcurso de todo el año, debido a la ausencia de revisiones técnicas por parte de las empresas y conductores que cubre la ruta. Finalmente, el factor sueño del conductor, está condicionado al repetido número de viajes al día que realiza el conductor en la ruta, en especial los accidentes de tránsito causados por el factor sueño, tienden a incrementarse en fechas festivas y costumbristas como fiestas patronales o carnavales, esto debido al incremento de viajes que realiza el conductor tanto en el día como en la noche.

### **MODELO DE SOLUCIÓN PROPUESTO**

#### **DIAGRAMA CAUSAL PROPUESTO**

En los accidentes de tránsito que ocurren en cualquier tipo de ruta y/o, si se aplican las suficientes y necesarias medidas correctivas objetivas, estos tienden a reducirse de manera considerable. En el presente trabajo de investigación se propone un modelo sistémico diseñado con herramientas de la dinámica de sistemas, con el objetivo de lograr disminución de los accidentes de tránsito que ocurren en la ruta Cajamarca – Celendín. Dicho modelo puede ser usado por las diferentes entidades tanto públicas como privadas para fines objetivos de reducción de accidentes de tránsito.

El modelo presenta variables solución, estas variables van a ayudar a que la cantidad de accidentes de tránsito en la ruta tiendan a disminuir. A continuación, se muestra las variables solucionadoras con una breve descripción consideradas para el diagrama causal, cabe aclarar que dichas variables se han considerado después de realizar viajes contantes entre ambas ciudades involucradas en la investigación, y con la sugerencia de algunos conductores que cubren dicha ruta.

* + **Concientizar a los hogares sobre la presencia de ganado vacuno en la ruta Cajamarca-Celendín:** Esta variable solución hace referencia a la concientización por parte de entidades públicas de los distritos como de los mismos caseríos sobre la presencia de ganado vacuno a pocos metros de la ruta Cajamarca – Celendín.
  + **Multas a las empresas que colocan carteles de publicidad en la ruta sin autorización:** Las empresas que colocan carteles de publicidad sin autorización de las autoridades competentes, tendrían que ser multadas por parte de las autoridades, debido a que la presencia de dichos carteles son distractores hacia los conductores que cubre la ruta Cajamarca – Celendín.
  + **Vehículos con conductores que permanecen en su carril:** Cuando el conductor que está cubriendo la ruta Cajamarca – Celendín tiene la cultura de mantenerse en su carril que le corresponde, y no tiene la intención de invadir el carril contrario. Esta invasión de carril en la ruta se da principalmente cuando en conductor quiere avanzar a otro vehículo.
  + **Concientización a conductores sobre conducir haciendo uso del celular:** Tanto, entidades públicas (Municipalidades, Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección Regional de Transportes) y/o entidades privadas, mediante charlas, folletos, muestra de videos, etc. Se concientiza a los conductores que cubren la ruta Cajamarca – Celendín sobre las consecuencias que conlleva conducir haciendo uso del teléfono celular.
  + **Concientización a la población sobre cruzar imprudentemente la ruta:** Hace referencia a diversas maneras de concientizar a la población sobre las consecuencias que tiene si se cruza de manera imprudente la ruta.
  + **Señalización vial en la ruta Cajamarca-Celendín:** Proyectos de señalización vial con el objetivo de mejorar las diferentes señales de tránsito que tiene la ruta.
  + **Conductores que descansan después de haber conducido:** Cuando el conductor es consciente de que conducir cuando se está agotado puede llegar a ocasionar algún accidente de tránsito, por ello decide descansar después de haber conducido más horas de las establecidas.
  + **Evitar conducir varias veces en la ruta durante la noche:** Esta variable se refiere cuando en conductor evita conducir varias veces en la ruta, especialmente cuando la demanda de pasajeros tiende a incrementar especialmente en épocas de fiestas patronales y costumbristas.
  + **Vehículos con conductores sometidos a control en paradero de Celendín y/o Cajamarca:** Esta variable hace referencia al control hacia los conductores que deberían realizar las autoridades encargadas del transporte público en las ciudades de Cajamarca y Celendín en los paraderos de los vehículos, principalmente en fiestas patronales y costumbristas.
  + **Concientizar a pasajeros que no suban a vehículos con conductores en estado de ebriedad:** Cuando el pasajero observa que el conductor del vehículo que cubre la ruta Cajamarca – Celendín se encuentra en estado de ebriedad, por lo tanto decide no subir al vehículo que realiza el servicio de transporte público.
  + **Conducir las horas establecidas:** Cuando el conductor decide respetar las horas establecidas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones para conducir.
  + **Capacitaciones a conductores sobre conducir en estado de ebriedad:** Hace referencia a las constantes capacitaciones que puede realizar las autoridades competentes hacia los conductores sobre las consecuencias que existe al conducir en estado de ebriedad.
  + **Campañas de concientización a la población sobre excesiva velocidad de los vehículos públicos:** Campañas que se debe que realizar deberían estar dirigidas a la población sobre las causas fatales y no fatales sobre conducir en excesiva velocidad, para que de esta manera no tengan que exigir aumento de velocidad al conductor. Estas campañas las pueden realizar tanto las entidades públicas (Municipalidades, Gobierno Regional, PNP, etc.) o entidades privadas que buscar en bienestar de la población.
  + **Vehículos en excesiva velocidad sometidos al radar de control de velocidad instalada en la ruta:** Con la puesta de radares de control de velocidad en diferentes puntos de la ruta Cajamarca – Celendín, se puede identificar que vehículos van a excesiva velocidad**.**
  + **Capacitaciones a conductores sobre conducir en bajo los efectos de las drogas:** Hace referencia a las constantes capacitaciones que pueden realizar las autoridades competentes hacia los conductores sobre las consecuencias que se dan al conducir bajo los efectos de las drogas.
  + **Campañas sobre la importancia del uso del cinturón de seguridad:** Campañas que se debe que realizar dirigidas a los conductores y la población sobre la importancia del uso del cinturón de seguridad.
  + **Retiro de permisos de circulación vial a empresas cuyos vehículos presentan defectos mecánicos:** A las empresas que tiene vehículos que hayan cometido algún accidente de tránsito o alguna infracción, se le debería de retirar e permiso, de esta manera sus unidades ya no puedan transportar pasajeros entre Cajamarca – Celendín y viceversa.
  + **Retiro de permisos de circulación vial a empresas cuyos vehículos exceden la capacidad del mismo:** Esta variable hace referencia a que las empresas que tiene vehículos y hacen viajes en la ruta Cajamarca – Celendín y estos exceden su capacidad tanto en cantidad de pasajero y/o peso, deberían ser retirados sus permisos de circulación.
  + **Revisiones mecánicas periódicas a los vehículos que cubre la ruta:** Revisiones mecánicas contantes por parte de los conductores hacia sus vehículos antes de empezar el viaje, principalmente de un mecánico.
  + **Mantenimiento constante a la ruta durante las épocas de invierno:** En épocas de invierno la ruta suele ser afectada por lo huaycos, en ese sentido las autoridades competentes tienen que realizar un mantenimiento contante especialmente en épocas de invierno.
  + **Evitar conducir con un clima adverso:** Cuando el conductor evita realizar los viajes en la ruta, debido al clima adverso (lluvias, derrumbes y huaycos)
  + **Operativos policiales de tránsito en la ruta Cajamarca – Celendín:** Realización permanente de operativos policiales en la ruta Cajamarca – Celendín, dichos operativos policiales tendrían que ser en lugares óptimos y estratégicos.
  + **Entidades públicas encargadas de combatir la informalidad de vehículos que cubren la Cajamarca y Celendín:** En los paraderos de Cajamarca y Celendín, existe mucha informalidad por parte de los conductores, al momento de atraer más pasajeros y/o dejar al pasajero en su destino final, ante dicha informalidad es necesario, que exista una presencia más permanente de las entidades públicas competentes para combatir dicha problemática.

Seguidamente se muestra un cuadro con las variables solucionadoras con su respectivo nemónico y su unidad de medida.

**Tabla 7: Variables solución.**

**(Pérez, W.; 2018)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Nº | Nombre de variable | Nemónico | Unidad de medida |
| 1 | Concientizar a los hogares sobre la presencia de ganado vacuno en la ruta Cajamarca-Celendín | C.H.S.P.G.V.R.C.C | # Ganado Vacuno/Año |
| 2 | Multas a las empresas que colocan carteles de publicidad en la ruta sin autorización. | M.E.C.C.P.R.A | #Multas/Año |
| 3 | Vehículos con conductores que permanecen en su carril. | V.C.P.C | #Vehículos/Año |
| 4 | Concientización a conductores sobre conducir haciendo uso del celular. | C.C.S.C.H.U.C | #Conductores/Año |
| 5 | Concientización a la población sobre cruzar imprudentemente la ruta. | C.P.S.C.I.R | #Población/Año |
| 6 | Señalización vial en la ruta Cajamarca-Celendín | S.V.R.C.C. | #Señalizaciones/Año |
| 7 | Conductores que descansan después de haber conducido | C.D.D.H.C | #Conductores/Año |
| 8 | Evitar conducir varias veces en la ruta durante la noche | E.C.V.V.R.D.N | #Conductores/Año |
| 9 | Concientizar a pasajeros que no suban a vehículos con conductores en estado de ebriedad | C.P.S.V.C.E.E | #Pasajeros/Año |
| 10 | Conducir las horas establecidas | C.H.E | #Conductores/Año |
| 11 | Capacitaciones a conductores sobre conducir en estado de ebriedad | C.C.C.E.E | #Capacitaciones/Año |
| 12 | Campañas de concientización a la población sobre excesiva velocidad de los vehículos públicos | C.C.P.S.E.V.V | #Campañas/Año |
| 13 | Vehículos en excesiva velocidad sometidos al radar de control de velocidad colocada en la ruta. | V.E.V.S.R.C.V.C.R | #Radares de control/Año |
| 14 | Capacitaciones a conductores sobre conducir en bajo los efectos de las drogas. | C.C.S.C.V.E.D | #Capacitaciones/Año |
| 15 | Campañas sobre la importancia del uso del cinturón de seguridad. | C.S.I.U.C.S | #Campañas/Año |
| 16 | Retiro de permisos de circulación vial a empresas cuyos vehículos presentan defectos mecánicos | R.P.C.V.E.C.V.P.D.M | #Retiro de permisos/Año |
| 17 | Revisiones mecánicas periódicas a los vehículos que cubre la ruta | R.M.P.V.C.R | #Revisiones/Año |
| 18 | Mantenimiento constante a la ruta durante las épocas de invierno | M.C.R.D.E.I | #Mantenimientos/Año |
| 19 | Evitar conducir con un clima adverso. | E.C.C.A | #Conductores/Año |
| 20 | Operativos policiales de tránsito en la ruta Cajamarca - Celendín | O.P.T.R.C.C | Operativos/Años |
| 21 | Vehículos con conductores sometidos a control en paradero de Celendín y/o Cajamarca. | C.C.S.C.C | #Controles/Año |
| 22 | Retiro de permisos de circulación vial a empresas cuyos vehículos exceden la capacidad del mismo | R.P.C.V.E.C.V.E.C.M | #Retiros de permisos/Año |
| 23 | Entidades públicas encargadas de combatir la informalidad de vehículos que cubren la Cajamarca y Celendín. | E.P.E.C.I.V.C.R.C.C | #Entidades/año |

A continuación, se va a mostrar el diagrama causal propuesto. Dicho diagrama incluye todas las variables solucionadoras descritas anteriormente.

**Figura 17: Diagrama causal propuesto.**

**(Pérez, W.; 2018)**

#### **DIAGRAMA FORRESTER PROPUESTO**

Una vez que se obtuvo el diagrama causal con todas las variables solucionadoras propuestas y descritas anteriormente y las cuales están integradas en el mismo, ha procedido a la realización del diagrama Forrester.

El diagrama Forrester propuesto contiene un total de veinte variables solucionadoras que están integradas a las diferentes variables del diagrama, para la obtención de estas variables, se ha realizado diferentes viajes en la ruta Cajamarca – Celendín en el transcurso del año 2018. Los viajes se hicieron en diferentes horarios y temporadas. Tanto de día como de noche. Estos viajes que el autor ha realizado, han servido para identificar en situ cuales son las posibles soluciones para los accidentes de tránsito que ocurren en la ruta Cajamarca – Celendín. Adicionalmente he realizado una serie de entrevistas **(**[**Ver Anexo 1**](#_ANEXO_1)**)**.

A continuación, se va a mostrar el diagrama Forrester propuesto para la disminución de accidentes de tránsito en la ruta Cajamarca – Celendín.

**Figura 18: Diagrama Forrester propuesto.**

**(Pérez, W.; 2018)**

### **BUCLES ELEGIDOS A SIMULAR**

En el diagrama causal propuesto mostrado anteriormente se tiene diferentes bucles causales, el autor ha considerado tres bucles más relevantes para la simulación de nuestro modelo cuya variable del tipo nivel involucrada en los tres bucles elegidos eses “***vehículos accidentados***”, esta variable del tipo nivel tiene a tres variables del tipo flujo, dos variables del tipo flujo “***vehículos en excesiva velocidad****”* y *“****vehículos con conductor somnoliento*”** que incrementan a la variable nivel y una variable del tipo flujo ***“vehículos con revisión técnica aprobada”*** que decrementa a dicha variable nivel. Los modelos que el autor va a presentar en esta sección contienen tres diagramas causales sin variables solucionadoras, tres diagramas causales con variables solucionadoras, tres modelos Forrester sin variables solucionadoras y finalmente tres modelos Forrester con variables solucionadoras.

Esta integración de los tres bucles a simular cuenta con variables solucionadoras las cuales son: ***Campañas de concientización a la población sobre excesiva velocidad de los vehículos públicos, operativos policiales de tránsito en la ruta Cajamarca – Celendín*** y v***ehículos con conductores sometidos a control en paradero de Celendín y/o Cajamarca***. Estas variables van ayudar a regular la contratación de nuestra hipótesis.

A continuación, se muestra a una serie de diagramas tanto causales y diagramas Forrester que contienen a tres bucles que se va a simular.

#### **DIAGRAMA CAUSAL CON LOS BUCLES ELEGIDOS A SIMULAR SIN VARIABLES SOLUCIÓN**

En esta sección el autor esta mostrado el diagrama causal, cuya variable nivel es ***“vehículos accidentados”*** que está identificada con el color rojo, las variables del tipo flujo que son tres, están representas con el color verde, las variables del tipo tasa que tienen una cantidad de dos están representadas con el color celeste, y finalmente las variables del tipo exógenas que en este modelo hay cinco están representadas con el color anaranjado. Las variables auxiliares no están representadas con ningún color. Este diagrama no cuenta con las variables solucionadoras.

A continuación, el autor va a mostrar el diagrama causal que contiene de manera ordenada y sistematizada a los tres bucles que se va a simular y mostrar más adelante.

**Figura 19: Diagrama causal elegido.**

**(Pérez, W.; 2018)**

#### **DIAGRAMA CAUSAL CON LOS BUCLES ELEGIDOS A SIMULAR CON VARIABLES SOLUCIÓN**

Seguidamente en esta sección se está mostrado el diagrama causal, pero en este diagrama causal están involucradas las variables solucionadoras. Así como en el diagrama mostrado anteriormente; este diagrama causal contiene a la variable nivel la es ***“vehículos accidentados”*** que está identificada con el color rojo, las variables del tipo flujo que son tres, están representas con el color verde, las variables del tipo tasa que tienen una cantidad de dos están representadas con el color celeste, las variables solucionadoras que son tres están representadas con el color morado y finalmente las variables del tipo exógenas que en este modelo hay seis están representadas con el color anaranjado. Las variables auxiliares no están representadas con ningún color.

A continuación, se muestra el diagrama causal con las variables solucionadoras.



**Figura 20: Diagrama causal elegido con variables solución.**

**(Pérez, W.; 2018)**

#### **DIAGRAMA FORRESTER CON LOS BUCLES ELEGIDOS A SIMULAR SIN VARIABLES SOLUCIÓN**

Continuando con la presentación de los diagramas, en esta sección se muestra el diagrama Forrester del diagrama causal que no contiene a las variables solucionadoras. Así como en el diagrama mostrado anteriormente; este modelo Forrester contiene a la variable nivel que es ***“vehículos accidentados”*** que está identificada con el símbolo del rectángulo, las variables del tipo flujo que son tres, están representas con las flechas, dos que están entrando a la variable nivel y una que está saliendo de la variable nivel, las variables del tipo tasa que tienen una cantidad de dos están representadas con el símbolo de rombo, las variables del tipo auxiliares están representadas con el símbolo del círculo y finalmente las variables del tipo exógenas que son cinco están representadas con el símbolo del hexágono.

En la siguiente figura se muestra diagrama Forrester sin las variables solucionadoras.



**Figura 21: Diagrama Forrester elegido.**

**(Pérez, W.; 2018)**

#### **DIAGRAMA FORRESTER CON LOS BUCLES ELEGIDOS A SIMULAR SIN VARIABLES SOLUCIÓN**

Seguidamente, en esta sección se está mostrado el diagrama Forrester con las variables solucionadoras, específicamente este modelo Forrester es del diagrama causal que contiene a las variables solucionadoras. Así como en el modelo mostrado anteriormente; este modelo Forrester contiene a la variable nivel que es ***“vehículos accidentados”*** que está identificada con el símbolo del rectángulo, las variables del tipo flujo que son tres, están representas con las flechas, dos que están entrando a la variable nivel y una que está saliendo de la variable nivel, las variables del tipo tasa que tienen una cantidad de dos están representadas con el símbolo del rombo, las variables del tipo auxiliares están representadas con el símbolo del círculo y finalmente las variables del tipo exógenas que son seis están representadas con el símbolo del hexágono.

En la siguiente figura el autor va a mostrar el diagrama Forrester con las variables solucionadoras.



**Figura 22: Diagrama Forrester elegido con variables solución.**

**(Pérez, W.; 2018)**

#### **DIAGRAMA CAUSAL DEL PRIMER BUCLE ELEGIDO.**

En los cuatro diagramas (dos diagramas causales y dos diagramas Forrester) que el autor ha mostrado anteriormente están los tres bucles que ha considerado para la simulación. En el primer bucle que se va a describir de manera breve pero concisa. En esta sección tenemos a dos diagramas causales, el primer diagrama causal no incluye a las variables solucionadoras y el segundo diagrama causal contiene a las variables solucionadoras, pero ambos diagramas causales tienen como variable nivel a ***“vehículos accidentados”****,* contiene una variable del tipo flujo que es “**v*ehículos en excesiva velocidad*”**, contiene a seis variables del tipo auxiliar, una variable del tipo tasa que es **“*tasa de vehículos con excesiva velocidad por presión del pasajero*”**, además contiene a cuatro variables del tipo exógenas las cuales son **“c*recimiento de la población en las ciudades de Cajamarca y Celendín*”,** **“c*recimiento del parque automotor en Cajamarca y Celendín*”,** **“c*ultura social del pasajero por llegar rápido a su destino*”** y **“e*ntidades policiales encargadas del tránsito en la ruta.*”**. Finalmente, la única diferencia en los diagramas causales es la variable del tipo auxiliar considerada como variable solución la cual es **“*campañas de concientización a la población sobre excesiva velocidad de los vehículos públicos*”**

A continuación, se está mostrando los dos diagramas causales del primer bucle elegido a simular.

##### .**PRIMER BUCLE ELEGIDO SIN VARIABLES SOLUCIÓN**

**Figura 23: Primer bucle a simular.**

**(Pérez, W.; 2018)**

##### **PRIMER BUCLE ELEGIDO CON VARIABLES SOLUCIÓN**

**Figura 24: Primer bucle a simular con variables solución**.

**(Pérez, W.; 2018)**

#### **DIAGRAMA CAUSAL DEL SEGUNDO BUCLE ELEGIDO.**

Seguidamente el autor está mostrando en esta sección una descripción de manera breve pero concisa del segundo bucle que he elegido para su simulación. En esta sección se tiene a dos diagramas causales, el primer diagrama causal no incluye a las variables solucionadoras y el segundo diagrama causal contiene a las variables solucionadoras, pero ambos diagramas causales tienen como variable nivel a ***“vehículos accidentados”,***contiene una variable del tipo flujo que es **“*vehículos con conductor somnoliento*”**, contiene a ocho variables del tipo auxiliar, una variable del tipo tasa que es “***tasa de vehículos con conductor somnoliento por estado de ebriedad*”**, además contiene a cuatro variables del tipo exógenas las cuales son ***“crecimiento de la población en las ciudades de Cajamarca y Celendín”, “crecimiento del parque automotor en Cajamarca y Celendín ”, “fiestas patronales y costumbristas en las provincias de Celendín y Cajamarca”*** y “**e*ntidades policiales encargadas del tránsito en la ruta.*”**. Finalmente, la única diferencia en los diagramas causales es la variable del tipo auxiliar considerada como variable solución la cual es **“v*ehículos con conductores sometidos a control en paradero de Celendín y/o Cajamarca.*”**

A continuación se está mostrando los dos diagramas causales del primer bucle elegido a simular.

##### **SEGUNDO BUCLE ELEGIDO SIN VARIABLES SOLUCIÓN**

**Figura 25: Segundo bucle a simular.**

**(Pérez, W.; 2018)**

##### **SEGUNDO BUCLE ELEGIDO CON VARIABLES SOLUCIÓN**

**Figura 26: Segundo bucle a simular con variables solución.**

**(Pérez, W.; 2018)**

#### **DIAGRAMA CAUSAL DEL TERCER BUCLE ELEGIDO.**

Seguidamente el autor va a mostrar en esta sección una breve descripción de manera concisa del tercer bucle que ha elegido para simular. En esta sección se tiene a dos diagramas causales, el primer diagrama causal no incluye a las variables solucionadoras y el segundo diagrama causal contiene a las variables solucionadoras, pero ambos diagramas causales tienen como variable nivel a ***“vehículos accidentados”,***además contiene una variable del tipo flujo que es **“*vehículos con revisión técnica aprobada*”,** contiene a cuatro variables del tipo auxiliar, además contiene a una variable del tipo exógenas la cual es “**e*ntidades policiales encargadas del tránsito en la ruta.*”**. Finalmente, la única diferencia en los diagramas causales es la variable del tipo auxiliar considerada como variable solución la cual es **“*operativos policiales de tránsito en la ruta Cajamarca - Celendín.*”**

A continuación, el autor va a mostrar los dos diagramas causales del primer bucle elegido a simular.

##### **TERCER BUCLE ELEGIDO SIN VARIABLES SOLUCIÓN**



**Figura 27: Tercer bucle a simular.**

**(Pérez, W.; 2018)**

##### **TERCER BUCLE ELEGIDO CON VARIABLES SOLUCIÓN**



**Figura 28: Tercer bucle a simular con variables solución.**

**(Pérez, W.; 2018)**

#### **DIAGRAMA FORRESTER DEL PRIMER BUCLE ELEGIDO.**

Continuando con la presentación de los diagramas, en esta sección se están mostrando dos diagramas Forrester. El primer diagrama Forrester no contiene a variables solución, mientras que el segundo diagrama Forrester si contiene a variables solucionadoras. Estos diagramas Forrester son de los primeros dos diagramas causales que el autor ha considerado para la simulación. Así como en los primeros diagramas causales elegidos para la simulación; estos diagramas Forrester contienen a la variable nivel que es ***“vehículos accidentados”*** que está identificada con el símbolo del rectángulo, las variables del tipo flujo que es una, está representada con las flechas, la variable del tipo tasa que tienen una cantidad de una, están representadas con el símbolo de rombo, las variables del tipo auxiliares están representadas con el símbolo del círculo y finalmente las variables del tipo exógenas que son cuatro están representadas con el símbolo del hexágono. La diferencia entre ambos diagramas es la variable solución cuyo nemónico es “*C.C.P.S.E.V.V.P.*” que es alimentada por una variable exógena cuyo nemónico es: “*E.P.I.T.P.I.”*

En las siguientes figuras se muestran los diagramas Forrester sin variables solucionadoras, y con variables solucionadoras del primer bucle elegido a simular.

##### **PRIMER BUCLE ELEGIDO SIN VARIABLES SOLUCIÓN**



**Figura 29: Primer diagrama Forrester a simular.**

**(Pérez, W.; 2018)**

##### **PRIMER BUCLE ELEGIDO CON VARIABLES SOLUCIÓN**



. **Figura 30: Primer diagrama Forrester a simular con variable solución.**

**(Pérez, W.; 2018)**

#### **DIAGRAMA FORRESTER DEL SEGUNDO BUCLE ELEGIDO.**

Seguidamente, en esta sección el autor va a realizar la presentación de dos diagramas Forrester. El primer diagrama Forrester no contiene a variables solución, mientras que el segundo diagrama Forrester si contiene a variables solucionadoras. Estos diagramas Forrester son de los segundos dos diagramas causales que se ha considerado para la simulación. Así como en los segundos diagramas causales elegidos para la simulación; estos diagramas Forrester contienen a la variable nivel que es ***“vehículos accidentados”*** que está identificada con el símbolo del rectángulo, las variables del tipo flujo que es una, está representada con las flechas, la variable del tipo tasa que tienen una cantidad de una, están representadas con el símbolo de rombo, las variables del tipo auxiliares están representadas con el símbolo del círculo y finalmente las variables del tipo exógenas que son cuatro están representadas con el símbolo del hexágono. La diferencia entre ambos diagramas en la variable solución cuyo nemónico es “*C.C.S.C.C.*” que es alimentada por una variable exógena cuyo nemónico es: “*E.P.E.T.R”*

En las siguientes figuras el autor muestra los diagramas Forrester sin variables solucionadoras y con variables solucionadoras del segundo bucle elegido a simular.

##### **SEGUNDO BUCLE ELEGIDO SIN VARIABLES SOLUCIÓN**

**Figura 31: Segundo diagrama Forrester a simular**

**(Pérez, W.; 2018)**

##### **SEGUNDO BUCLE ELEGIDO CON VARIABLES SOLUCIÓN**



**Figura 32: Segundo diagrama Forrester a simular con variables solución.**

**(Pérez, W.; 2018)**

#### **DIAGRAMA FORRESTER DEL TERCER BUCLE ELEGIDO.**

Por último, en esta sección el autor va a realizar la presentación de dos diagramas Forrester. El primer diagrama Forrester no contiene a variables solución, mientras que el segundo diagrama Forrester si contiene a variables solucionadoras. Estos diagramas Forrester son de los terceros dos diagramas causales que he considerado para la simulación. Así como en los segundos diagramas causales elegidos para la simulación; estos diagramas Forrester contienen a la variable nivel que es ***“vehículos accidentados”*** que está identificada con el símbolo del rectángulo, las variables del tipo flujo que es una, está representada con las flechas, las variables del tipo auxiliares están representadas con el símbolo del círculo y finalmente las variables del tipo exógenas están representadas con el símbolo del hexágono.

En las siguientes figuras el autor va a mostrar los diagramas Forrester sin variables solucionadoras y con variables solucionadoras del segundo bucle elegido a simular.

##### **TERCER BUCLE ELEGIDO SIN VARIABLES SOLUCIÓN**



**Figura 33: Tercer diagrama Forrester a simular.**

**(Pérez, W.; 2018)**

##### **TERCER BUCLE ELEGIDO CON VARIABLES SOLUCIÓN**



**Figura 34: Tercer diagrama Forrester a simular con variables solución.**

**(Pérez, W.; 2018)**

## **TRATAMIENTO, ANÁLISIS DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

El diagrama causal general obtenido, cuenta con siete variables del tipo nivel, tanto el modelo causal sin variables solucionadoras y el modelo con variables solucionadoras. De dicho modelo se escogió una parte para su respectiva simulación. Los diagramas causales escogidos incluyen a 3 bucles, la simulación de los bucles se realizó en el programa Vensim PLE. El modelo simulado tiene como variable nivel a ***vehículos accidentados.***

Para lograr la caracterización de esta variable **v*ehículos accidentados***, se ha utilizado como instrumento de recojo de información la entrevista y la solicitud de datos informativos dirigida a la Policía Nacional del Perú, con sede en la ciudad de Cajamarca. Esto con el objetivo de obtener información cuantitativa y cualitativa de los diferentes indicadores que giran en torno a la variable ***vehículos accidentados.***

### **ECUACIONES MATEMÁTICAS OBTENIDAS DEL DIAGRAMA FORRESTER**

En esta sección se va mostrar una serie de ecuaciones de los tres bucles elegidos a simular. Las ecuaciones matemáticas son obtenidas de su diagrama Forrester respectivamente.

#### **ECUACIONES MATEMÁTICAS DEL PRIMER BUCLE**

En la siguiente tabla se muestran las ecuaciones matemáticas del primer bucle elegido a simular.

**Tabla 8: Ecuaciones matemáticas del primer bucle.**

**(Pérez, W.; 2018)**

|  |
| --- |
|  |
| **Ecuación:**  **V.A** = INTEG(ABS( V.E.V))  **Unidad:** Vehículos  **Donde:**   * V.A es igual a vehículos accidentados. * V.E.V es igual a vehículos en excesiva velocidad. |
|  |
| **Ecuación:**  **V.E.V** = INTEG(ABS( V.T.P.E.P.L.D.C.T) \* T.V.E.V.P.P)  **Unidad:** Vehículos  **Donde:**   * V.E.V es igual a vehículos en excesiva velocidad. * V.T.P.E.P.L.D.C.T es igual a vehículos que trasladan pasajeros que ejercen presión por llegar a su destino en corto tiempo. * T.V.E.V.P.P es igual a tasa de vehículos con excesiva velocidad por presión del pasajero. |
|  |
| **Ecuación:**  **V.T.P.E.P.L.D.C.T** = INTEG(ABS( C.S.P.Ll.R.D - (O.P.T.R.C.C \*T.V.C.I.O.P))  **Unidad**: Vehículos  **Donde:**   * V.T.P.E.P.L.D.C.T es igual a vehículos que trasladan pasajeros que ejercen presión por llegar a su destino en corto tiempo. * C.S.P.Ll.R.D es igual a cultura social del pasajero por llegar rápido a su destino. * O.P.T.R.C.C es igual a operativos policiales de tránsito en la ruta Cajamarca – Celendín. * T.V.C.I.O.P es igual a tasa de vehículos que cubren intervenidos en operativos policiales. |
|  |
| **Ecuación:**  **O.P.T.R.C.C** = INTEG(ABS(E.P.E.T.R + V.R.C.C))  **Unidad:** Operativos policiales.  **Donde:**   * O.P.T.R.C.Ces igual a operativos policiales de tránsito en la ruta Cajamarca – Celendín. * E.P.E.T.R es igual a entidades policiales encargadas del tránsito en la ruta. * V.R.C.C es igual a vehículos en la ruta Cajamarca - Celendín |
|  |
| **Ecuación:**  **V.R.C.C** = INTEG(ABS( V.C.N.T.P.R.C.C))  **Unidad:** Vehículos  **Donde:**   * V.R.C.Ces igual a vehículos en la ruta Cajamarca – Celendín. * V.C.N.T.P.R.C.C es igual a vehículos que cubre la necesidad de transporte público en la ruta Cajamarca-Celendín. |
|  |
| **Ecuación:**  **V.C.N.T.P.R.C.C** = INTEG(ABS( C.P.A.C.C + C.P.C.C.C ) - V.A.T.M)  **Unidad:** Vehículos  **Donde:**   * V.C.N.T.P.R.C.C es igual a vehículos que cubre la necesidad de transporte público en la ruta Cajamarca-Celendín. * C.P.A.C.C es igual a crecimiento del parque automotor en Cajamarca y Celendín. * C.P.C.C.C es igual a crecimiento de la población en las ciudades de Cajamarca y Celendín * V.A.T.M es igual a vehículos con accidente de tránsito mortal. |
|  |
| **Ecuación:**  **V.A.T.M** = INTEG(ABS(V.A.T.G))  **Unidad:** Vehículos  **Donde:**   * V.A.T.M es igual a vehículos con accidente de tránsito mortal. * V.A.T.G es igual a vehículos con accidente de tránsito graves. |
|  |
| **Ecuación:**  **V.A.T.G** = INTEG(ABS(V.A))  **Unidad:** Vehículos  **Donde:**   * V.A.T.G es igual a vehículos con accidente de tránsitos graves. * V.A es igual a vehículos accidentados. |
|  |

#### **ECUACIONES MATEMÁTICAS DEL SEGUNDO BUCLE**

En la siguiente tabla se va a mostrar las ecuaciones matemáticas del segundo bucle elegido a simular.

**Tabla 9: Ecuaciones matemáticas del segundo bucle.**

**(Pérez, W.; 2018)**

|  |
| --- |
|  |
| **Ecuación:**  **V.A** = INTEG(ABS( V.C.Somn.) \* T.V.C.S.E.E  **Unidad:** Vehículos  **Donde:**   * V.A es igual a vehículos accidentados. * V.C.Somn. es igual a vehículos con conductor somnoliento. * T.V.C.S.E.E es igual a tasa de vehículos con conductor somnoliento por estado de ebriedad. |
|  |
| **Ecuación:**  **V.C.Somn** = INTEG(ABS( V.C.E.Q.D.R.M.C))  **Unidad:** Vehículos  **Donde:**   * V.C.Somn. es igual a vehículos con conductor somnoliento. * V.C.E.Q.D.R.M.C es igual a vehículos con conductores ebrios que se quedan dormidos en la ruta mientras conducen. |
|  |
| **Ecuación:**  **V.C.E.Q.D.R.M.C** = INTEG(ABS(V.C.E.E\* T.V.C.E.E))  **Unidad:** Vehículos  **Donde:**   * V.C.E.Q.D.R.M.C es igual a vehículos con conductores ebrios que se quedan dormidos en la ruta mientras conducen. * V.C.E.E es igual a vehículos con conductores en estado de ebriedad. * T.V.C.E.E es igual a tasa de vehículos con conductores en estado de ebriedad. |
|  |
| **Ecuación:**  **V.C.E.E** = INTEG(ABS(V.C.S.P.A.R.D.R.C.C + F.P.C.P.C.C))  **Unidad:** Vehículos  **Donde:**   * V.C.E.E es igual a vehículos con conductores en estado de ebriedad. * F.P.C.P.C.C es igual a fiestas patronales y costumbristas en las provincias de Celendín y Cajamarca. * V.C.S.P.A.R.D.R.C.C es igual a vehículos con conductores sometidos a pruebas de alcoholímetro y revisión de documentos en la ruta Cajamarca – Celendín. |
|  |
| **Ecuación:**  **V.C.S.P.A.R.D.R.C.C** = INTEG(ABS( O.P.T.R.C.C\* T.V.I.O.P))  **Unidad:** Vehículos  **Donde:**   * V.C.S.P.A.R.D.R.C.C es igual a vehículos con conductores sometidos a pruebas de alcoholímetro y revisión de documentos en la ruta Cajamarca – Celendín. * O.P.T.R.C.C es igual a operativos policiales de tránsito en la ruta Cajamarca – Celendín. * T.V.I.O es igual a tasa de vehículos intervenidos en operativos policiales. |
|  |
| **Ecuación:**  **O.P.T.R.C.C** = INTEG(ABS( V.R.C.C))  **Unidad:** Operativos policiales  **Donde:**   * O.P.T.R.C.C es igual a operativos policiales de tránsito en la ruta Cajamarca – Celendín. * V.R.C.C es igual a vehículos en la ruta Cajamarca - Celendín |
|  |
| **Ecuación:**  **V.R.C.C** = INTEG(ABS( V.C.N.T.P.R.C.C))  **Unidad:** Vehículos  **Donde:**   * V.R.C.C es igual vehículos en la ruta Cajamarca – Celendín. * V.C.N.T.P.R.C.C es igual a vehículos que cubren la necesidad de transporte público en la ruta Cajamarca-Celendín |
|  |
| **Ecuación:**  V.C.N.T.P.R.C.C = INTEG(ABS( C.P.A.C.C + V.A.T.M + C.P.C.C.C.))  Unidad: Vehículos  **Donde:**   * V.C.N.T.P.R.C.C es igual a vehículos que cubren la necesidad de transporte público en la ruta Cajamarca-Celendín * C.P.A.C.C es igual a crecimiento del parque automotor en Cajamarca y Celendín. * C.P.C.C.C es igual a crecimiento de la población en las ciudades de Cajamarca y Celendín. * V.A.T.M es igual a vehículos con accidente de tránsito mortal. |
|  |
| **Ecuación:**  **V.A.T.M** = INTEG(ABS( V.A.T.G))  Unidad: Vehículos  **Donde:**   * V.A.T.M es igual a vehículos con accidente de tránsito mortal. * V.A.T.G es igual a vehículos con accidente de tránsito graves. |
|  |
| **Ecuación:**  **V.A.T.G** = INTEG(ABS( V.A))  Unidad: Vehículos  **Donde:**   * V.A.T.G es igual a vehículos con accidente de tránsito graves. * V.A es igual a vehículos accidentados. |

#### **ECUACIONES MATEMÁTICAS DEL TERCER BUCLE**

En la siguiente tabla el autor va a mostrar las ecuaciones matemáticas del tercer bucle elegido a simular.

**Tabla 10: Ecuaciones matemáticas del tercer bucle.**

**(Pérez, W.; 2018)**

|  |
| --- |
|  |
| **Ecuación**:  **V.A** = INTEG(ABS( V.R.T.A))  **Unidad:** Vehículos  **Donde:**   * V.A es igual a vehículos accidentados. * V.R.T.A es igual a vehículos con revisión técnica aprobada. |
|  |
| **Ecuación**:  **V.R.T.A** = INTEG(ABS( V.M.V))  **Unidad:** Vehículos  **Donde:**   * V.R.T.A es igual a vehículos con revisión técnica aprobada. * V.M.V es igual a vehículos con mantenimiento vehicular. |
|  |
| **Ecuación**:  **V.M.V** = INTEG(ABS( V.S.I.T.V.))  **Unidad:** Vehículos  **Donde:**   * V.M.V es igual a vehículos con mantenimiento vehicular. * V.S.I.T.V es igual a vehículos sancionados por infracción técnica vehicular. |
|  |
| **Ecuación**:  **V.S.I.T.V.** = INTEG(ABS( V.I.I.T.V.))  **Unidad:** Vehículos  **Donde:**   * V.S.I.T.V es igual a vehículos sancionados por infracción técnica vehicular. * V.I.I.T.V es igual a vehículos sancionados por infracción técnica vehicular. |
|  |
| **Ecuación**:  **V.I.I.T.V** = INTEG(ABS( O.P.T.R.C.C\* T.V.I.O.P))  **Unidad:** Vehículos  **Donde:**   * V.I.I.T.V es igual a vehículos sancionados por infracción técnica vehicular * O.P.T.R.C.C es igual a operativos policiales de tránsito en la ruta Cajamarca – Celendín. * T.V.I.O.P es igual a tasa de vehículos intervenidos en operativos policiales. |
|  |
| **Ecuación**:  **O.P.T.R.C.C**= INTEG(ABS( E.P.E.T.R + V.A))  **Unidad:** Vehículos  **Donde:**   * O.P.T.R.C.C es igual a operativos policiales de tránsito en la ruta Cajamarca – Celendín. * V.A. es igual a vehículos accidentados. |

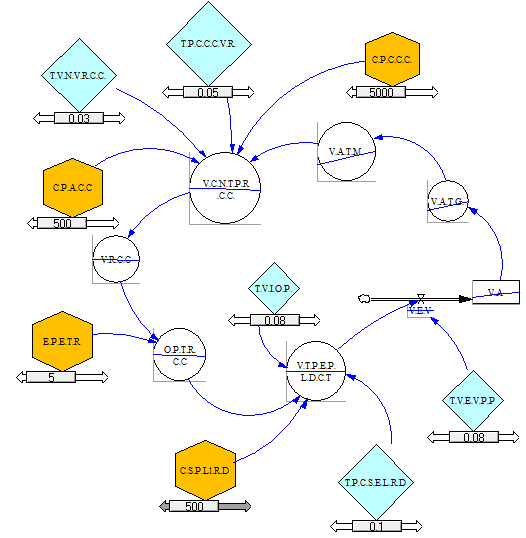
### **SIMULACIÓN DE NUESTRO MODELO**

Para la simulación de los modelos Forrester elegidos, lo primero que se hizo fue identificar las ecuaciones de los tres diagramas Forrester propuestos para la simulación. Seguidamente se obtuvieron los valores reales **(Ver Anexo 2)** de cada una de las variables que están involucradas en los diagramas a simular. La simulación tiende hasta el año 2020.

#### **SIMULACIÓN DE BUCLES ELEGIDOS**

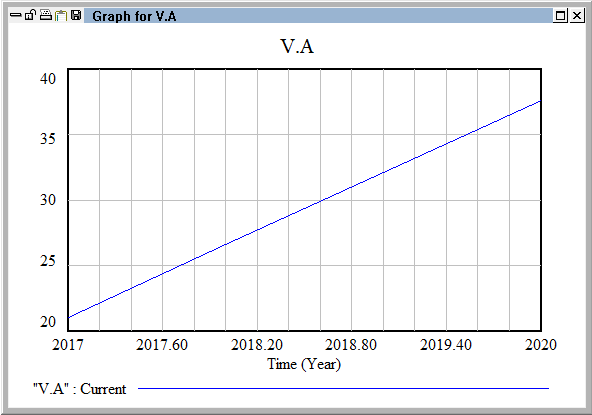
##### **SIMULACIÓN DEL PRIMER BUCLE**

###### **SIN VARIABLES SOLUCIÓN**



**Figura 35: Primer bucle simulado sin variables solución.**

**(Pérez, W.; 2018)**



**Figura 36: Gráfica del primer bucle sin variables solución.**

**(Pérez, W.; 2018)**

En la Figura N° 36 se muestran los resultados obtenidos del primer bucle elegido a simular sin las variables consideradas por el autor como solucionadoras. En el eje de las ordenadas se muestran la cantidad de accidentes, que van desde 20 hasta 40, mientras que en el eje de las abscisas se muestran los años, que van desde el año 2017 hasta el año 2020. La línea tendencial empieza en el año 2017, cuya cantidad de accidentes son de 21, según datos estadísticos emitidos por la PNP con sede en Cajamarca. La simulación está proyectada hasta el año 2020.

Luego de haber hecho la simulación en el programa Vensim PLE, se obtiene que la cantidad de accidentes de tránsito al año 2020 serían de 38. Esto significa que, al 2020 habrá un incremento de 17 accidentes de tránsito.

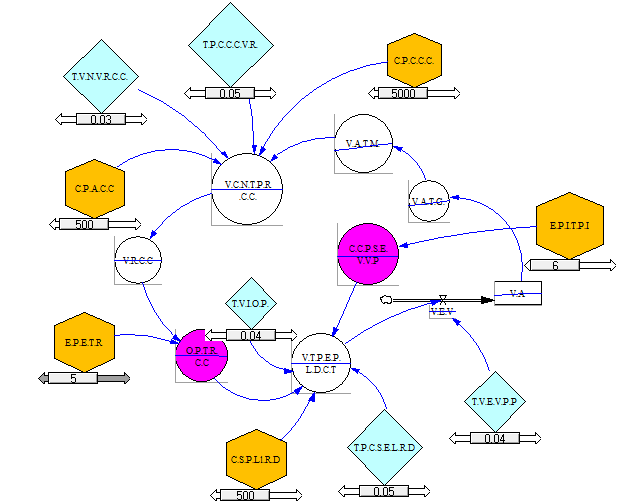
###### **CON VARIABLES SOLUCIÓN**

Con la siguiente grafica el autor va a medir la sensibilidad del primer bucle elegido a simular. Las tasas han sido reducidas en un 50%.

**Tabla 11: Tabla de evaluación del primer bucle simulado.**

**(Pérez, W.; 2018)**

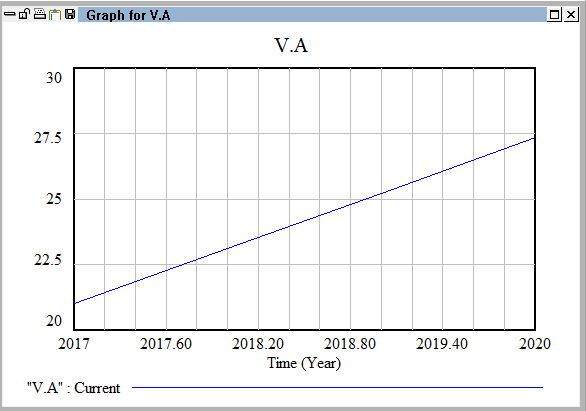
|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Nº | Nombre de Variable | Nemónico | Unidad de medida | Valor Real | Valor ideal |
| 1 | Tasa de vehículos con excesiva velocidad por presión del pasajero | T.V.E.V.P.P | 1/año | 8% | 4% |
| 2 | Tasa de vehículos que son intervenidos en operativos policiales | T.V.I.O.P | 1/año | 10% | 5% |
| 3 | Tasa de la población de las ciudades de Cajamarca y Celendín que viajan en la ruta | T.P.C.C.C.V.R. | 1/año | 5% | 2.5% |
| 4 | Tasa de vehículos nuevos que viajan en la ruta Cajamarca - Celendín | T.V.N.V.R.C.C. | 1/año | 6% | 3% |
| 5 | Tasa de pasajeros con cultura social que exigen llegar rápido a su destino | T.P.C.S.E.L.R.D. | 1/año | 5% | 2.5% |

Ahora el autor está mostrando el diagrama Forrester que incluye las variables solucionadoras.

**Figura 37: Primer bucle simulado con variables solución.**

**(Pérez, W.; 2018)**

De dicha simulación con las variables solucionadora se obtuvo la siguiente gráfica.



**Figura 38: Gráfica del primer bucle con variables solución.**

**(Pérez, W.; 2018)**

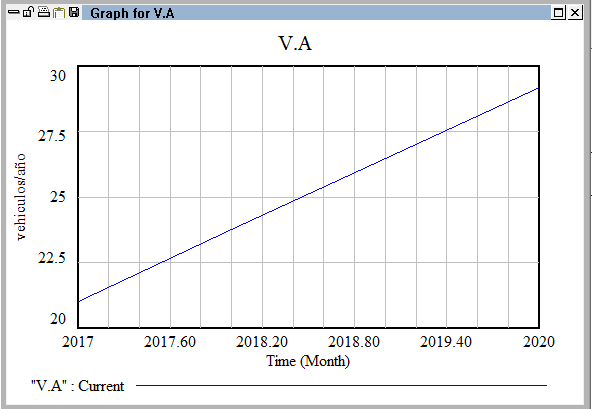
En la Figura N° 38 se muestran los resultados obtenidos del primer bucle elegido a simular con las variables consideradas por el autor como solucionadoras. En el eje de las ordenadas se muestran la cantidad de accidentes, que van desde 20 hasta 40, mientras que en el eje de las abscisas se muestran los años, que van desde el año 2017 hasta el año 2020. La línea tendencial empieza en el año 2017, cuya cantidad de accidentes son de 21, según datos estadísticos emitidos por la PNP con sede en Cajamarca. La simulación está proyectada hasta el año 2020. Luego de haber hecho la simulación en el programa Vensim PLE, se obtiene que la cantidad de accidentes de tránsito al año 2020 serían de 26. Con las variables solucionadoras la cantidad de accidentes de tránsito tendrá un incremento de 7.

##### **SIMULACIÓN DEL SEGUNDO BUCLE**

###### **SIN VARIABLES SOLUCIÓN**

**Figura 39: Segundo bucle simulado sin variables solución.**

**(Pérez, W.; 2018)**



**Figura 40: Gráfica del segundo bucle sin variables solución.**

**(Pérez, W.; 2018)**

En la Figura N° 40 se muestran los resultados obtenidos del segundo bucle elegido a simular sin las variables consideradas por el autor como solucionadoras. En el eje de las ordenadas se muestran la cantidad de accidentes, que van desde 20 hasta 30, mientras que en el eje de las abscisas se muestran los años, que van desde el año 2017 hasta el año 2020. La línea tendencial empieza en el año 2017, cuya cantidad de accidentes son de 21, según datos estadísticos emitidos por la PNP con sede en Cajamarca. La simulación está proyectada hasta el año 2020. Luego de haber hecho la simulación en el programa Vensim PLE, se obtiene que la cantidad de accidentes de tránsito al año 2020 serían de 27. Esto significa que, al 2020 habrá un incremento de 6 accidentes de tránsito.

###### **CON VARIABLES SOLUCIÓN**

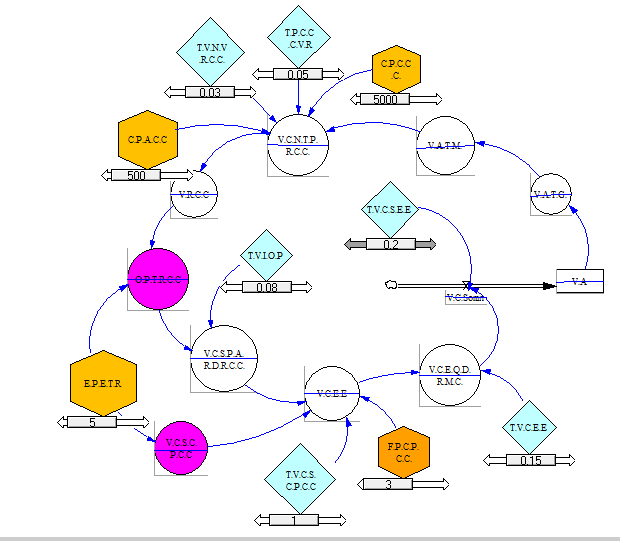
Con la siguiente grafica el autor va a medir la sensibilidad del segundo bucle elegido a simular. Las tasas han sido reducidas en un 50%.

**Tabla 12: Tabla de evaluación del segundo bucle simulado.**

**(Pérez, W.; 2018)**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Nº | Nombre de Variable | Nemónico | Unidad de medida | Valor Real | Valor ideal |
| 1 | Tasa de vehículos con conductor somnoliento por estado de ebriedad | T.V.C.S.E.E | 1/año | 40% | 20% |
| 2 | Tasa de vehículos con excesiva velocidad por presión del pasajero | T.V.E.V.P.P | 1/año | 8% | 4% |
| 3 | Tasa de vehículos que son intervenidos en operativos policiales | T.V.I.O.P | 1/año | 10% | 5% |
| 4 | Tasa de vehículos con conductores en estado de ebriedad | T.V.C.E.E | 1/año | 30% | 15% |
| 5 | Tasa de la población de las ciudades de Cajamarca y Celendín que viajan en la ruta | T.P.C.C.C.V.R. | 1/año | 5% | 2.5% |
| 6 | Tasa de vehículos nuevos que viajan en la ruta Cajamarca - Celendín | T.V.N.V.R.C.C. | 1/año | 6% | 3% |

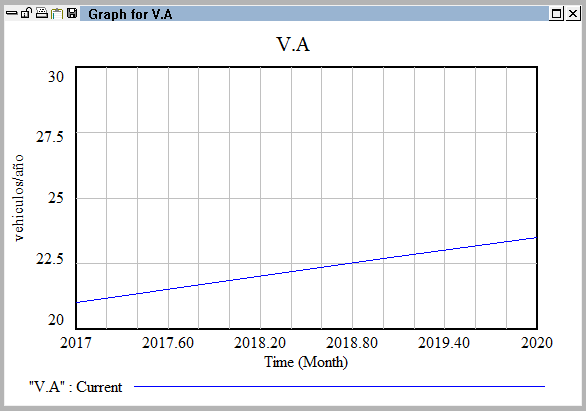
Ahora se va a mostrar el diagrama Forrester del segundo bucle elegido a simular, dicho diagrama incluye las variables solucionadoras.



**Figura 41: Segundo bucle simulado con variables solución.**

**(Pérez, W.; 2018)**

Seguidamente se va a mostrar la gráfica obtenida, mediante las variables solucionadoras.



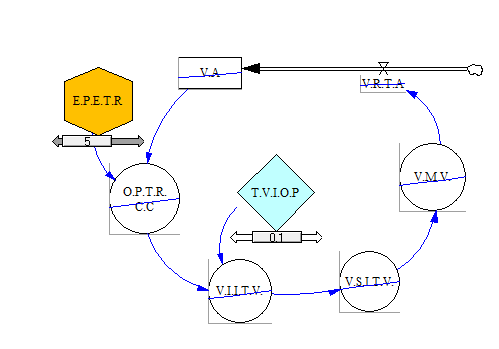
**Figura 42: Gráfica del segundo bucle con variables solución.**

**(Pérez, W.; 2018)**

En la Figura N° 42 se muestran los resultados obtenidos del segundo bucle elegido a simular con las variables consideradas por el autor como solucionadoras. En el eje de las ordenadas se muestran la cantidad de accidentes, que van desde 20 hasta 30, mientras que en el eje de las abscisas se muestran los años, que van desde el año 2017 hasta el año 2020. La línea tendencial empieza en el año 2017, cuya cantidad de accidentes son de 21, según datos estadísticos emitidos por la PNP con sede en Cajamarca. La simulación está proyectada hasta el año 2020. Luego de haber hecho la simulación en el programa Vensim PLE, se obtiene que la cantidad de accidentes de tránsito al año 2020 serían de 23. Con las variables solucionadoras la cantidad de accidentes de tránsito tendrá un incremento de 2.

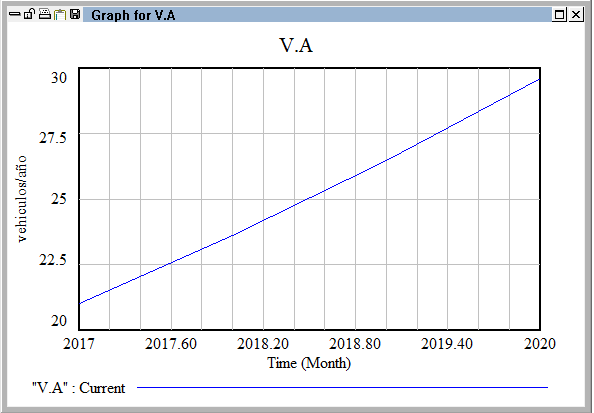
##### **SIMULACIÓN DEL TERCER BUCLE**

###### **SIN VARIABLES SOLUCIÓN**



**Figura 43: Tercer bucle simulado sin variables solución.**

**(Pérez, W.; 2018)**

****

**Figura 44: Gráfica del tercer bucle sin variables solución.**

**(Pérez, W.; 2018)**

En la Figura N° 44 se muestran los resultados obtenidos del segundo bucle elegido a simular sin las variables consideradas por el autor como solucionadoras. En el eje de las ordenadas se muestran la cantidad de accidentes, que van desde 20 hasta 30, mientras que en el eje de las abscisas se muestran los años, que van desde el año 2017 hasta el año 2020. La línea tendencial empieza en el año 2017, cuya cantidad de accidentes son de 21, según datos estadísticos emitidos por la PNP con sede en Cajamarca. La simulación está proyectada hasta el año 2020. Luego de haber hecho la simulación en el programa Vensim PLE, se obtiene que la cantidad de accidentes de tránsito al año 2020 serían de 29. Esto significa que, al 2020 habrá un incremento de 8 accidentes de tránsito.

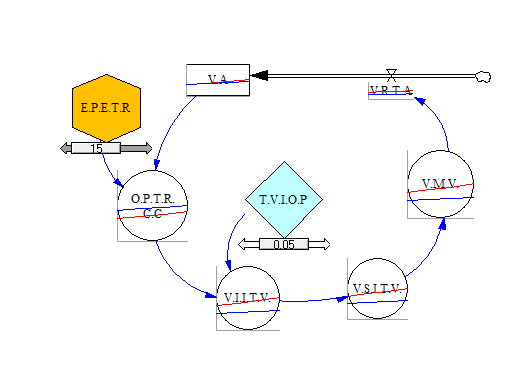
###### **CON VARIABLES SOLUCIÓN**

Con la siguiente gráfica el autor va a medir la sensibilidad del tercer bucle elegido a simular. Las tasas han sido aumentadas en un 50%.

**Tabla 13: Tabla de evaluación del segundo bucle simulado**.

**(Pérez, W.; 2018)**

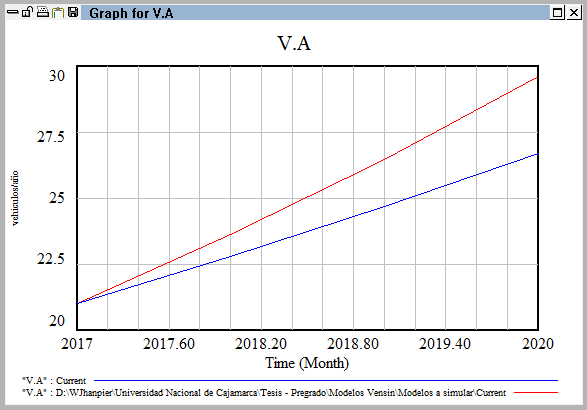
|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Nº | Nombre de Variable | Nemónico | Unidad de medida | Valor Real | Valor ideal |
| 1 | Tasa de vehículos que son intervenidos en operativos policiales | T.V.I.O.P | 1/año | 10% | 20% |



***Figura 45: Gráfica del tercer bucle con variables solución.***

**(Pérez, W.; 2018)**

De la simulación con la variable solucionadora, se obtuvo la siguiente gráfica.



**Figura 46: Gráfica del tercer bucle con variables solución.**

**(Pérez, W.; 2018)**

En la Figura N° 44 se muestran los resultados obtenidos del segundo bucle elegido a simular sin las variables consideradas por el autor como solucionadoras. En el eje de las ordenadas se muestran la cantidad de accidentes, que van desde 20 hasta 30, mientras que en el eje de las abscisas se muestran los años, que van desde el año 2017 hasta el año 2020. La línea tendencial empieza en el año 2017, cuya cantidad de accidentes son de 21, según datos estadísticos emitidos por la PNP con sede en Cajamarca. La simulación está proyectada hasta el año 2020. Luego de haber hecho la simulación en el programa Vensim PLE, se obtiene que la cantidad de accidentes de tránsito al año 2020 serían de 26. Esto significa que, al 2020 habrá un incremento de 5 accidentes de tránsito.

### **PARA LA EVALUACIÓN DEL MODELO**

El autor sometió a los bucles considerados para su simulación a una serie de pruebas, ensayos, test, ajustes y análisis para de esta manera tener una evaluación respecto a su veracidad y calidad de los bucles simulados; comprobando así que la consistencia de la lógica de la hipótesis propuesta se ajustó las gráficas generadas por los bucles considerados para su simulación, haciendo uso del software vensim PLE. Seguidamente de comprobó la estructura de los dos diagramas Forrester considerados a simular, además se analizó el comportamiento de los mismos mediante alteraciones de sus valores originales para estudiar las proyecciones lo que se conoce como análisis de sensibilidad.

Seguidamente, se agruparon las variables más sensibles de los tres bucles considerados para la simulación, en tablas por cada factor alterando su valor a la mitad (50%), esto con el objetivo de analizar el comportamiento en un contexto no real, de esta manera se ha identificado posibles inconsecuencias en los bucles simulados, con el afan de realizar algunas correcciones en el diagrama causal y diagrama Forrester. Para realizar este análisis por el nivel elegido “***vehículos accidentados***” el sistema vensim PLE genero graficas con las tres simulaciones correspondiendo a los valores reales (100%), a la mitad (50%), que son valores supuestos. Identificado el incremento o decremento para el año 2020

# **CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

## **CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

Según las gráficas analizadas anteriormente se acepta la hipótesis propuesta y diremos que la propuesta de un modelo usando herramientas de la dinámica de sistemas para la reducción de accidentes de tránsito en el transporte público dentro de la ruta Cajamarca – Celendín, tendrá un impacto positivo para la reducción de accidentes de tránsito en dicha ruta, por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada en este proyecto de investigación. En el primer bucle elegido a simular se tiene a la Figura N° 36, dicha grafica representa los accidentes de tránsito sin variables solución, mientras que la Figura N° 38 representa la proyección de los accidentes de tránsito con las variables solucionadoras. Seguidamente se tiene a la Figura N° 40 y la figura N° 42, dichas graficas muestran la tendencia de los accidentes de tránsito al año 2020 con variables solución y sin variables solucionadoras.

Como manifiesta Iñaki, S. [1] en su investigación “modelo de dinámica de sistemas para la implantación de tecnologías de la información en la gestión estratégica universitaria”, que su investigación aporta valor desde el punto de vista metodológico que difiere del enfoque clásico de la dinámica de sistemas. Nos centramos en la identificación del problema, en la construcción y en validación del modelo de simulación sobre la base de las variables y relaciones existentes en la literatura, con objeto de construir un corpus teórico coherente novedoso que sirva como base el aprendizaje en la toma de decisiones a la hora de implantar sistemas de información de alto impacto organizacional. Con el desarrollo de esta investigación, se concluye que la utilización de la metodología de los sistemas blandos ha ayudado a identificar los diferentes actores involucrados en la problemática, además ayudo a identificar las diferentes restricciones presentado en la ruta Cajamarca – Celendín, y por último ayudó a identificar de manera correlativa las diferentes variables (auxiliares, exógenas, etc.) para poder realizar las elaciones correspondientes entre las diferentes variables, para obtener una representación gráfica del caso real de estudio (Cuadro pictográfico) y los diagramas (causal y Forrester) con y sin variables consideradas como solucionadoras, para de esta manera realizar la simulación respectiva sobre la base de las mismas.

Según los autores Moscoso, Perdomo, y Mayorga [2] en su investigación “m**odelado de sistemas de transporte masivo empleando dinámica de sistemas: caso Transmilenio S.A**.” nos dicen que con la aplicación de dinámica de sistemas para el caso del sistema de transporte masivo se logra comprender holísticamente el sistema a partir de un escenario muestra, en este sentido la técnica sirve para entender, interpretar y validar sistemas o arquitecturas sistémicas complejas por el número de actores, variables o restricciones que en ella misma intervienen. Con el desarrollo de este trabajo de investigación el autor concluye que el estudio y análisis minucioso de los accidentes de tránsito que ocurren específicamente en la ruta Cajamarca – Celendín, nos ayudan a entender la problemática de manera general que ocurre en diferentes rutas de la región de Cajamarca. La simulación de un escenario muestra (bucle Forrester), que incluye a la variable específica del tipo nivel como: vehículos accidentados, y a algunas variables auxiliares descritas anteriormente, ayudan a entender el sistema en su total magnitud sobre los accidentes de tránsito que ocurren en la ruta, gracias al involucramiento de un número determinado de actores, variables o restricciones específicos que intervienen en dicho sistema. Dicha simulación del bucle elegido del diagrama Forrester ayuda a reducir los vehículos accidentados al año 2020 en un 28.9%, gracias al involucramiento de una variable considerada como solucionadora.

Además, Castillo, [5] en su tesis “análisis de riesgo de seguridad vial en la nueva carretera costanera en el tramo pueblo nuevo (ciudad de Ilo) – fundición southern peru copper corporatión (spcc)” dice que los accidentes por factor ambiental como nieblas y precipitaciones representan riesgo moderado pero su presencia no es constante durante el año con lo cual los conductores se enfrentaran en pocas veces a estos tipos de peligros. Con el desarrollo de esta investigación se concluye que el factor climatológico si es causante de los diferentes accidentes de tránsito que ocurren en la ruta, los factores causantes son principalmente las lluvias, los derrumbes y la neblina. El factor climatológico como la neblina, está presente en lugares específicos (Cumulca, Sendamal y Huañambra) de la ruta, dicha factor climatológico afecta la visibilidad de los conductores que cubren la ruta. Por otro lado, el factor climatológico como las lluvias afectan las transitabilidad de los vehículos debido a que estos tienen que viajar en carreteras resbalosas, además con la presencia de este factor climatológico los derrumbes en la ruta tienden a incrementarse afectando así el libre transitar de los vehículos. Dichos factores climatológicos se dan principalmente en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo de cada año, por tal motivo es recomendable que las autoridades competentes realicen una serie de actividades para evitar los posibles accidentes de tránsito causados por el factor climatológico que puedan ocurrir en dichos meses.

Finalmente, Barrantes, [6] en su tesis **“influencia de los factores legal, organizacional y personal en la inclusión laboral del trabajador sordo en Cajamarca 2014, utilizando dinámica de sistemas”** Recomienda que definir el problema se podría utilizar la metodología de sistemas blandos, utilizando el principio de hermenéutica, lo cual generaría otro trabajo de investigación de tipo teórico. En el trabajo de investigación que he desarrollado se concluye que el uso de la metodología de sistemas blandos ha dado estructura a todas las situaciones y complejidades del problema, a través de los sistemas blandos el autor busca plantear posibles soluciones a la problemática existente, estas soluciones están consideradas como variables solucionadoras **(Ver Tabla 7)** y están presentes en el diagrama causal propuesto **(Ver Figura 17)** y diagrama Forrester propuesto **(Ver Figura 18).** Con este análisis se tiene la certeza de considerar todas las variables solucionadoras al problema que se verán reflejadas en los diagramas ya mencionados, con el objetivo de obtener una solución más apegada a la realidad, esta se debe a que no se ve al problema de manera aislada sino como un problema que está relacionado con el entorno.

## **DISCUSIÓN DE LA METODOLOGÍA**

El tipo de metodología que el autor ha seguido para la realización de este proyecto de investigación es la metodología de los sistemas blandos. Debido a que el objeto de estudio de esta investigación está catalogado como “blando”. Siguiendo la metodología de los sistemas blandos, cuyo autor principal es Peter Checkland, tenemos que la primera etapa se inicia cuando el pensador de sistemas realiza de manera detallada la percepción de la realidad y/o contexto, en que se encuentra una parte y/o porción de la realidad social, dicha porción de la realidad está afectada por un problema que le hace actuar de forma contraria a lo que desearía. En esta primera acción tenemos como objetivo determinar la mayor cantidad de percepciones de la problemática y de más acciones que afectar a la parte que estamos observando, de esta manera podemos desarrollar la construcción mental más detallada. En esta parte la observación in situ de todos los componentes, nos va revelando todas las conexiones, interrelaciones existentes entre los elementos (en adelante variables) que participan en la porción de la realidad percibida. Para tener una visión más clara de que lo estamos determinando mediante la precepción y/o observación, es importante definir adecuadamente la problemática, ya que si no de hace una buena definición del problema esto puede conllevar a situaciones fuera de contexto y en muchos casos desviarnos de la metodología de los sistemas blandos.

Para tratar la problemática propuesta, se fundamenta en el concepto de la observación y la perspectiva, estas están representadas por la visión del observador (investigador), la validez de las acciones, interrelaciones que se realicen en adelante dependerán mucho de la perspectiva de la visión de dicho investigador, es importante aclarar que las observaciones no son correctas del todo, pero estas tampoco podemos categorizarlas como erróneas, esto debido a que el contexto y/o ambiente observado es cambiante con el pasar del tiempo. Pero si es posible aclarar que todas estas son validad se complementan y se interrelacionan. En tal sentido la metodología de los sistemas blandos de Peter Checkland nos propone siete etapas, están etapas están detalladas de manera precisa en el Capítulo II. La metodología de los sistemas blandos se caracteriza por el uso de datos cualitativos, que se basan de acuerdo a la perspectiva del investigador con el objetivo de determinar la primera etapa de la metodología de P. Checkland, la cual es investigar el problema no estructurado. Aquí se entiende al fenómeno en todas sus perspectivas, tanto internas, externas, con la única finalidad de tener una definición de nuestro problema.

Para realizar el desarrollo de este trabajo de investigación, el autor ha tenido que analizar diferentes tipos de investigación relacionados con nuestro tema que es la dinámica de sistemas, entre los temas más relevantes que he investigados están: “***modelo de dinámica de sistemas para la implantación de tecnologías de la información en la gestión estratégica universitaria***”, “***preprocesador para la simulación dinámica de sistemas multicuerpo basado en álgebra simbólica***”, “***el transporte público colectivo en bogotá, d.c.: una mirada desde la dinámica de sistemas***” entre otras investigaciones relacionadas específicamente con los accidentes de tránsito ocurridos en nuestros país. Estas investigaciones ayudaron significativamente en el desarrollo de esta investigación, debido a que de estas investigaciones han ayudado a robustecer la investigación en la parte conceptual y la parte metodológica; es sabido que estas investigaciones usan diferentes tipos de metodologías, pero el objetivo en todas ellas es la misma. Es necesario aclarar en esta parte que en nuestra región y país no existen investigaciones desarrolladas con herramientas de la dinámica de sistemas. Esto es una gran limitación para el investigador, debido a que no existe una metodología bien esquematizada y estructurada que nos permita contribuir a la disminución de errores en trabajos de investigación similares a este.

Por último, el autor ha analizado y estudiado la dinámica de sistemas que plantea el reconocido escritor Javier Aracil, dicho autor en su metodología de sistemas; aborda la problemática desde la perspectiva de los sistemas. Caber recordar que un sistema está compuesto por una serie de componentes, estos se interrelacionan con un fin único. Aracil plantea seis etapas para el comportamiento de un modelo sistémico: Definición del problema, conceptualización del sistema, formalización del modelo, comportamiento del modelo, evaluación del modelo y la explotación del modelo. Para obtener un comportamiento del sistema en óptimas condiciones, es necesario seguir detalladamente y en orden las etapas antes mencionadas. En conclusión, he utilizado la metodología de Peter Checkland para la definición del nuestro problema presentado y Aracil para abordar el problema desde su estructura del nuestro modelo causal hasta su simulación en el diagrama Forrester y para su interpretación desde el punto de vista informático.

## **DISCUSIÓN EN LA ELABORACIÓN DEL MODELO**

De los diagramas causales que he realizado (con variables solución y sin variables solución), el autor ha escogido algunos bucles para su respectiva simulación, para ser más exactos son tres bucles escogidos y tratados. Se seleccionó la variable del tipo nivel “**v*ehículos accidentados***” como sustento para la simulación debido a que estas variables tiene mayor representatividad con los accidentes de tránsito que ocurren en la ruta Cajamarca – Celendín. Para la simulación el autor ha considerado a seis modelos, todos ellos con la variable del tipo nivel antes mencionada. Los primeros tres bucles elegidos a simular no cuentan con las variables consideradas **“*solucionadoras*”.** Mientras que en los restantes si están incluidos las variables solucionadoras, las cuales son: “o***perativos policiales de tránsito en la ruta Cajamarca – Celendín***”, “***control a conductores en la salida de Celendín y/o Cajamarca”,*** y “c***ampañas de concientización a la población sobre excesiva velocidad de los vehículos públicos***.”

Para la variable del tipo nivel el autor ha considerado necesario tres flujos, dos de ellos alimentan a la variable nivel y el otro lo decremento. Las variables del tipo flujo que alimentan son: “***vehículos en excesiva velocidad***” y “v***ehículos con conductor somnoliento***”, el autor ha considerado estas variables porque las principales causas de accidentes ocurridos en la ruta son principalmente la excesiva velocidad y conductor somnoliento. La variable que decrementa la variable nivel es: “v***ehículos con revisión técnica aprobada***”.

## **DISCUSIÓN EN DETERMINAR EL NIVEL DE INFLUENCIA**

Al determinar el nivel de influencia de la variable ***“vehículos accidentados”,*** se requiere haber desarrollado las tres primeras fases como lo menciona Javier Aracil, estas fases son: La fase de comportamiento, evaluación y explotación. Cada una de estas fases se tuvo que haber realizado forma secuencial, al realizar de manera secuencias las fases, esto nos ayuda a mejorar la confianza del modelo y con ello sus resultados.

Nuestro modelo propuesto y discutido a lo largo de esta investigación, nos ayuda a mejorar las expectativas de los resultados de las investigaciones encontradas por autores que he indicado en los antecedentes. Además, a ellos los diferentes métodos como la de dinámica de sistemas permiten transformar la información cualitativa de las fuentes de información en datos cuantitativos, a partir de la construcción del diagrama Forrester.

El nivel “v***ehículos accidentados***”, considerado para la simulación de nuestros modelos, fue escogido principalmente porque esta variable engloba a los accidentes de tránsito que ocurren en la ruta Cajamarca – Celendín. Y, además porque dicho nivel nos va a ayudar a logar el cometido de este trabajo de investigación.

## **DISCUSIÓN EN LA SIMULACIÓN DEL MODELO**

La simulación de un modelo es el artificio contextual que hace referencia al trabajo de investigación de una hipótesis o un conjunto de hipótesis del trabajo utilizando modelos. No existe un método universal para validar los modelos de simulación dinámica porque cada modelo se valida con respecto a sus objetivos, por lo que no se puede afirmar que un modelo válido para un contexto deba serlo necesariamente para otros. Además, aunque en teoría, un modelo puede ser válido o no, probar esto en la práctica en una cuestión muy diferente.

En tal sentido, para la simulación de nuestro modelo he utilizado la herramienta Vensim PLE, siendo de vital importancia para el desarrollo de esta investigación, debido que esta herramienta nos ha permitido desarrollar los diferentes diagramas tanto causales como Forrester, adicional a esta herramienta existen otras más como Stella y i-thin, PowerSim, DYNAMO, entre otras. En el Capítulo II el autor ha descrito por qué ha escogido dicha herramienta.

Con lo que respecta a la formulación de las ecuaciones matemáticas de los bucles elegidos a simula, el autor puede mencionar que esta formulación conlleva a un comportamiento establecido del contexto real (ruta Cajamarca - Celendín), en donde muchas veces se ha tenido que replantear, ir en diversas ocasiones a la fuente de información e ir corrigiendo nuestro modelo y por ende nuestras ecuaciones. La modificación de nuestros diagramas causales (Tanto el diagrama causal sin variables soluciones como el diagrama causal con variables solucionadoras) se hizo por medio de la inserción de variables, modificaciones de relaciones entre las diferentes variables, etc.

Como vemos en los bucles simulados: En el primer bucle sin variables solucionadoras simulado se ha obtenido que la cantidad de “v***ehículos accidentados***” para el año 2020 serán de aproximado de 38, pero si consideramos las variables solucionadoras como: ***campañas de concientización a la población sobre excesiva velocidad de los vehículos públicos*** y o***perativos policiales de tránsito en la ruta Cajamarca – Celendín*** Se observa que la cantidad de accidentes de tránsito para el 2020 se reducen a 27.

En el segundo bucle considerado a simular se ha obtenido que la cantidad de “***vehículos accidentados***” para el año 2020 serán de aproximadamente de 29, pero si consideramos las variables solucionadoras como: v***ehículos con conductores sometidos a control en paradero de Celendín y/o Cajamarca,*** y ***operativos policiales de tránsito en la ruta Cajamarca – Celendín,*** se observa que la cantidad de accidentes de tránsito para el 2020 se reducen a 23.

Finalmente, en el tercer bucle considerado a simular se ha obtenido que la cantidad de “***vehículos accidentados***” para el año 2020 serán de aproximadamente de 29, pero si consideramos las variables solucionadoras como ***operativos policiales de tránsito en la ruta Cajamarca – Celendín,*** se observa que la cantidad de accidentes de tránsito para el 2020 se reducen a 26.

# **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **CONCLUSIONES**

* Se cumplió con el objetivo de diseñar un modelo usando herramientas de dinámica de sistemas, que permita reducir el porcentaje de accidentes de tránsito en la ruta Celendín-Cajamarca, en la provincia de Celendín departamento de Cajamarca, para que de esta manera las autoridades competentes puedan tomar mejores decisiones, con respecto a la implementación de nuevas medias sobre los accidentes de tránsito que ocurren en dicha ruta.
* En general, la propuesta de un modelo usando herramientas de la dinámica de sistemas para la reducción de accidentes de tránsito en la ruta Cajamarca - Celendín, ha demostrado que se puede reducir la cantidad de accidentes de tránsito en dicha ruta, esta disminución se logra básicamente debido a la incorporación de las variables del tipo auxiliares consideradas como solucionadoras. En el primer bucle elegido a simular con la incorporación de la variable considerada como solucionadora, los accidentes de tránsito se reducen en un 77.7%, seguidamente con la incorporación de la variable solucionadora en el segundo bucle los accidentes de tránsito se reducen en un 66.6%.
* En el primer bucle seleccionado para su simulación se observa que las variables del tipo auxiliares consideradas como solucionadoras las cuales son **“o*perativos policiales de tránsito en la ruta Cajamarca - Celendín*”** y **“c*ampaña de concientización a la población sobre excesiva velocidad de los vehículos públicos”*** disminuyen en un 77.7% la cantidad de vehículos accidentados en la ruta Cajamarca Celendín.
* Seguidamente, en el segundo bucle seleccionado para su simulación se observa que las variable del tipo auxiliares consideradas como solucionadoras las cuales son **“*operativos policiales de tránsito en la ruta Cajamarca - Celendín*”** y **“*vehículos con conductores sometidos a control en paradero de Celendín y/o Cajamarca.*”** disminuyen en un 66.6% la cantidad de vehículos accidentados en la ruta Cajamarca - Celendín.
* El uso de las herramientas de la dinámica de sistemas, es muy potente para un buen entendimiento de los problemas blandos que ocurren en nuestra sociedad, es así que el modelo propuesto ayuda a entender con mayor claridad la problemática sobre de los accidentes de tránsito en el transporte público que ocurren dentro de la ruta Cajamarca – Celendín. La importancia de las variables consideradas como solucionadoras es vital importancia para la reducción de los accidentes de tránsito en la ruta, las variables solucionadoras de mayor relevancia en nuestra investigación son: Concientización a conductores sobre conducir haciendo uso del celular, campañas de concientización a la población sobre excesiva velocidad de los vehículos públicos, vehículos con conductores sometidos a control en paradero de Celendín y/o Cajamarca y operativos policiales de tránsito en la ruta Cajamarca – Celendín.

## **RECOMENDACIONES**

* Se debe fomentar el uso de herramientas de la dinámica de sistemas para la modelación de todo tipo de problemas que tiene la sociedad moderna, esto ayudara a ver la problemática, de esta manera dar una solución a la misma.
* Para definir el problema se debería de utilizar la metodología de sistemas blandos de Peter Checkland utilizando el principio de hermenéutica, esto con la finalidad de obtener resultados precisos.
* Fomentar el presente trabajo de investigación en las instituciones encargadas de del transporte en las diferentes rutas de la ciudad de Cajamarca, pero principalmente en la ruta Cajamarca – Celendín, esto debido a que el modelo propuesto permitiría realizar estudios, estableciendo en un periodo de años, requiriendo un manejo de datos estadísticos sobre los accidentes de tránsito que ocurren en dicha ruta.
* El modelo propuesto también permitirá profundizar sobre estudios de los accidentes de tránsito que ocurren en las diferentes rutas interprovinciales de nuestro país, esto debido a que dicho modelo incluye una cantidad de variables que son parte de una problemática nacional.
* Se recomienda a las diferentes autoridades competentes realizar más ***campañas de concientización a la población sobre excesiva velocidad de los vehículos públicos*** y o***perativos policiales de tránsito en la ruta Cajamarca – Celendín,*** debido a que estas variables tiende a reducir de manera significativa los accidentes de tránsito en dicha ruta.

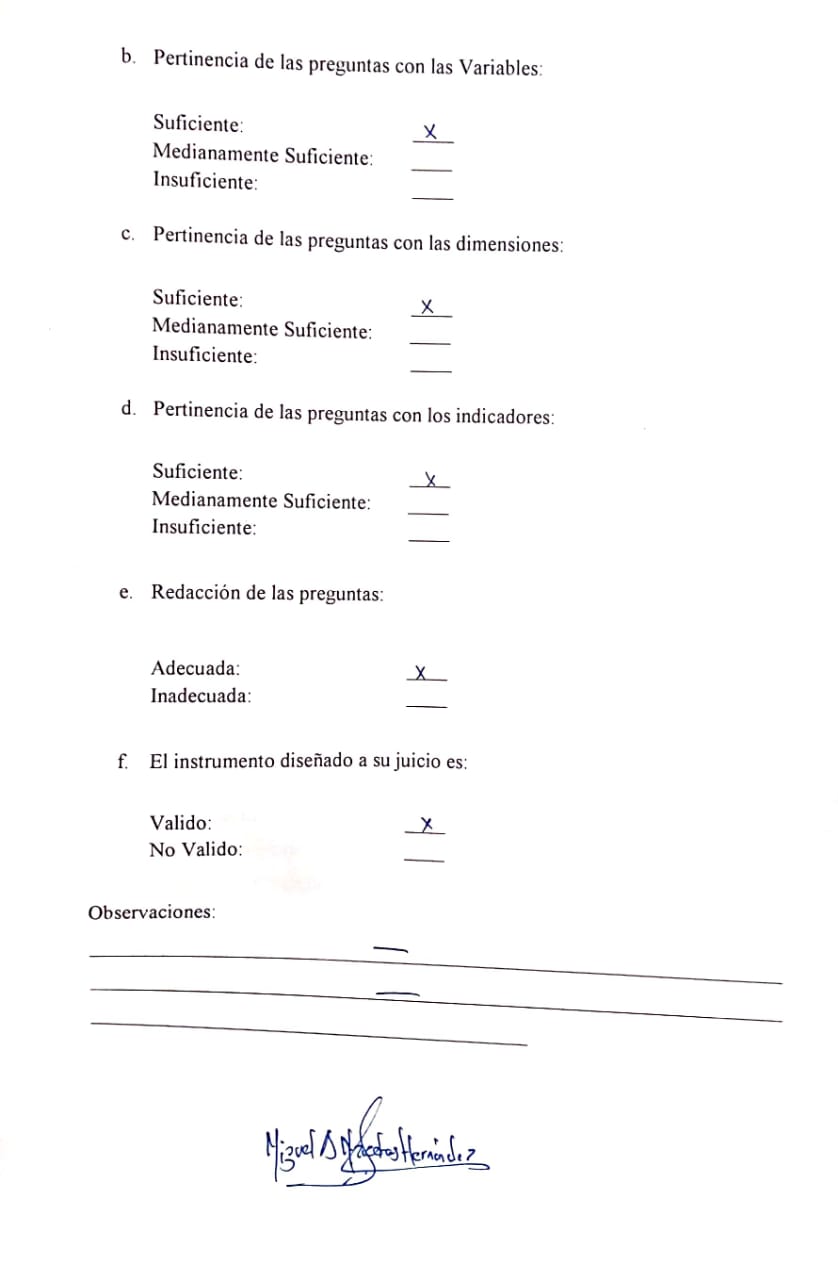
**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

|  |  |
| --- | --- |
| [1] | S. C. Iñaki Morlán, «Modelo de Dinámica de Sistemas para la imlementación de Tecnologías de la Información en la Gestión Estratégica Universitaria,» Universidad del País Vasco, Donostia - San Sebastián, 2010. |
| [2] | J. Moscoso G., L. J. Perdomo P., M. Perdomo M. y O. Mayorga T. , «Modelado de sistemas de transporte masivo empleando dinámica de sistemas: caso Transmilenio S.A.,» Universidad Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario., Bogotá – Colombia., 2011. |
| [3] | L. Del Despósito Zúñiga , «Modelado y Simulación mediante Dinámica de Sistemas del Funcionamiento General de un Establecimiento de Elaboración Primaria de Yerba Mate,» Universidad del Bío - Bío, Región del Biobío - Chile, 2010. |
| [4] | M. Chú García, «Características de los accidentes de tránsito terrestres y sus consecuencias médicas físicas inmediatas en las personas involucradas que son atendidas en el hospital de emergencias José Casimiro Ulloa. Ministerio de Salud Enero a diciembre del 2010.,» Universidad Nacional Mayor De San Marcos, Lima-Perú, 2010. |
| [5] | H. D. Castillo Martinez, «Análisis de riesgo de seguridad vial en la nueva carretera costanera en el tramo Pueblo Nuevo (ciudad de Ilo)- Fundición Southern Perú Copper Corporation (SPCC),» Universidad Nacional de Ingeniería, Lima - Perú, 2013. |
| [6] | R. G. Barrantes Navarro, «Influencia de los factores legal, organizacional y personal en la inclusión laboral del trabajador sordo en Cajamarca 2014, utilizando dinámica de sistemas,» Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca - Perú, 2014. |
| [7] | A. Gay, «Los sistemas y el enfoque sistémico,» de *Los sistemas y el enfoque sistémico*, Buenos Aires, Editorial Sudamericana, 1995, p. 12. |
| [8] | K. Ludwig von Bertalanffy , Teoria general de los sistemas, Mexico: Mexico, 1989. |
| [9] | J. Aracil y F. Gordillo, Dinámica de sistemas, Madrid - España: Alianza editorial, 1995, p. 58. |
| [10] | M. A. Ferreras y A. Gay, «El enfoque sistémico,» de *El enfoque sistémico*, España, Alianza Editorial, 1997, pp. 1-10. |
| [11] | J. Aracil, Dinamica de sistemas, Cuarta ed., Madrid: isdefe, 1995. |
| [12] | X. Mengyu , «Modelos de gestion de existenacias de una empresa a través de dinamica de sistemas,» Universidad de Jaen, Andalucia, 2014. |
| [13] | D. R. Mercado Polo, J. A. Sepúlveda Ojeda, L. E. Pedraza Caballero y H. G. Hernández Palma, «Modelo de implementación de tic en el sector transporte de la ciudad de barranquilla utilizando dinámica de sistemas,» Barranquilla, Revista Dimensión Empresarial, 2014, pp. 36-45. |
| [14] | J. Aracil, Dinamica de sistemas, Cuarta ed., Madrid: isdefe, 1995. |
| [15] | G. P. Richardson, «Problemas con los diagramas de ciclos causales,» *System Dynamics Review,* vol. I, nº 1, p. 13, 1976. |
| [16] | Á. P. Lindsay y M. G. German, «Modelo dinámico para analizar políticas relacionadas con el tráfico peatonal en Bogotá,» DYNA, Bogota, 2014. |
| [17] | M. Behoña Gonzales-Busto, «La dinámica de sistemas como metodología para la elaboración de modelos de simulación,» Universidad de Oviedo, Oviedo, 1998. |
| [18] | J. W. Forrester, Dinámica industrial, Buenos Aires: Librería El Ateneo, 1972. |
| [19] | J. W. Forrester, Industrial Dynamics, New York: MIT Press, Cambridge, 1961. |
| [20] | J. W. Forrester, Urban Dynamics, Massachusetts : M.I.T. Press, Cambridge, 1969. |
| [21] | J. W. Forrester, World Dynamics, Massachusetts.: M.I.T. Press, 1971. |
| [22] | B. González-Busto Múgica, «La dinámica de sistemas como metodología para la elaboración de modelos de simulación,» Universidad de Oviedo, Oviedo, 1998. |
| [23] | Ventana Systems, Inc. , Vensim, vol. V, Estados Unidos: Ventana Systems, Inc, 2002. |
| [24] | A. A. Azabache Matos y G. A. Robles Basurco, «Aplicación de la metodología de sistemas blandos, para la mejora de la enseñanza del curso de matemática, en una institución educativa,» Universidad Tecnologica del Peru, Lima, 2012. |
| [25] | P. Checkland, Pensamiento de sistemas practica de sistemas, Mexico: Grupo Noriega Editores, 1993. |
| [26] | R. Rodríguez Ulloa, «La sistémica, los sistemas blandos y los sistemas de información,» Universidad Pacífico, Lima, 2012. |
| [27] | J. W. Leiva Alva, «Análisis de accidentes viales aplicando la ingeniería de tránsito,» Univesidad San Carlos de Guatemala, Guatemala, 2003. |
| [28] | I. A. Callata Vilca, E. B. Montalvo Cari, J. . L. Paredes Paredes , D. Puma Luna y J. P. P. Sucacahua Yucra , «Metodología de análisis de accidentes de tránsito en zonas urbanas,» Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Juliaca, 2013. |
| [29] | E. L. Duarte Forer, «El Transporte Público Colectivo en Bogotá, D.C.: Una Mirada desde la Dinámica de Sistemas,» Universidad DistritalFrancisco José de Caldas. , Bogota, 2011. |
| [30] | L. Chia Ramirez y S. Huamani Antonio , «Accidentes de tránsito en el Perú: ¿Casualidad? O ¿Causalidad?, una integración de los modelos de cointegración y elección discreta,» Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Lima, 2010. |
| [31] | MTC, «Decreto Supremo Nº 058-2003-MTC,» MTC, Lima, 2003. |
| [32] | V. Cesan, «Análisis de los accidentes de tránsito en la provincia de La Pampa,» Universidad Nacional de Lanús, Lanus - Argentina, 2004. |
| [33] | J. Aracil, Dinamica de Sistemas, Cuarta ed., España: isdefe, 1995. |
| [34] | C. W. Churchman, El enfoque de sistemas para la toma de decisiones, Mexico: Editorial Diana, 2007. |
| [35] | C. S. Carhuayo Bendezu y M. Y. Ramírez Ramírez, Aplicación de la metodología de los sistemas blandos, en el modelado del reciclaje de la basura electrónica, Lima: Universidad Tecnológica del Perú (UTP), 2012. |
| [36] | A. A. Azabache Matos y G. A. Robles Basurco, «Aplicación de la metodología de sistemas blandos, para la mejora de la enseñanza del curso de matemática, en una Institución Educativa,» Universidad Tecnológica del Perú (UTP), Lima, 2012. |
| [37] | K. Perez M. y K. Escobar O., «Diagramas causales - Ingenieria de Sistemas I,» PUCP, Lima, 2010. |
| [38] | L. Caro Garcia y M. Moscoso Quiroz, «Diagramas de Forrester: El diagrama característico de la dinámica de sistemas,» niversidad Tecnológica Metropolitana, Chile, 2006. |
| [39] | W. León Velásquez, «Sistemas blandos,» Universidad Peruana Simon Bolivar, Lima, 2010. |
| [40] | I. Ventana Systems, Vensim PLE, Estados Unidos: Ventana Systems, Inc., 2002. |
| [41] | Ministerio de Saidad y Consumo, Guía cómo ayudar a prevenir lesiones por accidentes de tráfico, España: Solana e hijos, A. G, 2009. |
| [42] | A. Membrillo Jiménez y C. García Madrid, «Vehicular Congestion in Mexico City: A SystemsPerspective and FutureScenarios,» Estambul-Turquia, 1997. |
| [43] | Ministerio de Educacion y Ciencia, «Meteorología y Climatología. Semana de la Ciencia y la Tecnología 2004,» Fundación española para la ciencia y la tecnología, España, 2004. |
| [44] | G. Borjas Giraldo, «Análisis, diseño e implementación de un sistema de información para la administración de horarios y rutas en empresas de transporte público,» Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), Lima, 2013. |

# **ANEXOS**

## C:\Users\PC4\AppData\Local\Microsoft\Windows\Temporary Internet Files\Content.Word\IMG-20190311-WA0007.jpg**ANEXO 1**

**Figura 47: Validación de instrumento**



**Figura 48: Validación de instrumento**.

## **ANEXO 2**

* 1. **ENTREVISTA A PASAJERO**

1. **Entrevistador:** Con lo que respecta a las señales de tránsito ¿Los conductores que cubre la ruta Cajamarca – Celendín tienden a respetar las señales de tránsito (donde las hay), contantemente? ¿A nivel conductor con esto de las señales viales, y el respetarlas o no, que es lo que usted puede notar, pasa, pasa mucho lo de transgredirlas?
2. **Entrevistador:** Qué opinión tiene Ud. Respecto a los conductores que, en épocas de fiestas costumbristas o patronales, la demanda de pasajeros tiende a incrementarse en tal sentido los conductores que cubren la ruta Cajamarca - Celendín realizan varios viajes durante la noche y más horas de las establecidas por la ley.
3. **Entrevistador:** Las fiestas patronales y costumbritas suele atraer bastante gente, pero adicional a ello el consumo de alcohol por parte de los conductores que cubren la ruta tiende a incrementarse. ¿Qué opinión tiene Ud. Al respecto?
4. **Entrevistador:** Con lo que respecta a los principales actores involucrados en los accidentes de tránsito. ¿Para Ud. Quienes con los principales responsables de los accidentes de tránsito que ocurren en la ruta Cajamarca – Celendín?
5. **Entrevistador:** Que medidas debemos tomar para prevenir los accidentes de tránsito que ocurren en la ruta Cajamarca – Celendín.
6. **Entrevistador:** Ud. Como pasajero, ¿Hace uso del cinturón de seguridad cuando viaja hacia Cajamarca y/o Celendín?
   1. **ENTREVISTA A CONDUCTOR**
7. **Entrevistador:** En esta oportunidad nos va a tratar de acercar un poco a este difícil tema como son los accidentes de tránsito, que ocurren constantemente en la ruta Cajamarca – Celendín, ubicada en la región de Cajamarca. Buenos días. ¿Cuáles son las principales causas de accidentes de tránsito que ocurren en la ruta Cajamarca - Celendín?
8. **Entrevistador:** Y ya desde la perspectiva o el sector de la juventud, hoy en día ellos tienen quizás, un acceso más favorable que en épocas pasadas a tener un automóvil, en este caso ¿cuál sería su opinión para el joven que sale al volante y conduzca por la ruta Cajamarca – Celendín?, teniendo en cuenta que muchos de ellos no tiene aún la experiencia suficiente frente al volante.
9. **Entrevistador:** Con lo que respecta a las señales de tránsito ¿Los conductores que cubre la ruta Cajamarca – Celendín tienden a respetar las señales de tránsito (Donde las hay), contantemente? ¿A nivel conductor con esto de las señales viales, y el respetarlas o no, que es lo que usted puede notar, pasa, pasa mucho lo de transgredirlas?
10. **Entrevistador:** ¿Qué tanto influye el comportamiento de los pasajeros en los accidentes de tránsito que ocurren en la ruta? Le pregunto esto, debido a que muchas veces el pasajero exige al conductor que acelere o que avance un poco más para que de esta manera el pasajero llegue a tiempo a su destino.
11. **Entrevistador:** Que medidas han tomado los gobiernos locales de turno respecto a los accidentes de tránsito que ocurren en la ruta, tengamos presente que dicha ruta involucra al distrito de Cajamarca, Baños del Inca, La Encañada y el Distrito de Celendín. ¿Qué se hace para reducir la accidentalidad vial?
12. **Entrevistador:** Sabemos que nuestra región se encuentra ubicada a 2720 msnm, esto conlleva a que en tiempo de invierno las lluvias son bien fuertes, ¿Cómo afecta la época de lluvias a la transitabilidad de los vehículos en la ruta Cajamarca - Celendín? ¿Los accidentes de tránsito que ocurren en la ruta en tiempo de invierno se dan más debido al factor climatológico?
13. **Entrevistador:** Con lo que respecta a los principales actores involucrados en los accidentes de tránsito. ¿Para Ud. Quienes con los principales responsables de los accidentes de tránsito que ocurren en la ruta Cajamarca – Celendín?
14. **Entrevistador:** Con respecto a la ubicación de los accidentes de tránsito, ¿En qué lugares se dan con mayor frecuencia los accidentes de tránsito?
15. **Entrevistador:** Y de parte de la víctima ¿Cómo piensa usted que ellos podrían quizás superar este trauma de haber tenido que sufrir un accidente de tránsito?
16. **Entrevistador:** ¿Con que frecuencia los conductores que cubren la ruta Cajamarca – Celendín, realizan el mantenimiento vehicular? Y, ¿los conductores tienen la cultura por realizar revisiones básicas a los vehículos antes de empezar el viaje?
17. **Entrevistador:** Y, por ejemplo, una mamá, un papá, unos padres que perdieron un hijo en un accidente de tránsito, ¿Cómo se los podría ayudar?
18. **Entrevistador:** Que medidas debemos tomar para prevenir los accidentes de tránsito que ocurren en la ruta Cajamarca – Celendín.
19. **Entrevistador:** Ud. Como conductor, ¿Hace uso del cinturón de seguridad cuando viaja hacia Cajamarca y/o Celendín?
20. **Entrevistador:** ¿Le da Ud. y/o el dueño de vehículo un mantenimiento periódico preventivo a la unidad en que realizan el viaje
    1. **ENTREVISTA A PNP**
21. **Entrevistador:** En esta oportunidad nos va a tratar de acercar un poco a este difícil tema como son los accidentes de tránsito, que ocurren constantemente en la ruta Cajamarca – Celendín, ubicada en la región de Cajamarca. Buenos días. ¿Cuáles son las principales causas de accidentes de tránsito que ocurren en la ruta Cajamarca - Celendín?
22. **Entrevistador:** Y ya desde la perspectiva o el sector de la juventud, hoy en día ellos tienen quizás, un acceso más favorable que en épocas pasadas a tener un automóvil, en este caso ¿Cuál sería su opinión para el joven que sale al volante y conduzca por la ruta Cajamarca – Celendín?, teniendo en cuenta que muchos de ellos no tiene aún la experiencia suficiente frente al volante.
23. **Entrevistador:** Con lo que respecta a las señales de tránsito ¿Los conductores que cubre la ruta Cajamarca – Celendín tienden a respetar las señales de tránsito (donde las hay), contantemente? ¿A nivel conductor con esto de las señales viales, y el respetarlas o no, que es lo que usted puede notar, pasa, pasa mucho lo de transgredirlas?
24. **Entrevistador:** Qué opinión tiene Ud. Respecto a los conductores que, en épocas de fiestas costumbristas o patronales, la demanda de pasajeros tiende a incrementarse en tal sentido los conductores que cubren la ruta Cajamarca - Celendín realizan varios viajes durante la noche y más horas de las establecidas por la ley.
25. **Entrevistador:** Las fiestas patronales y costumbritas suele atraer bastante gente, pero adicional a ello el consumo de alcohol por parte de los conductores que cubren la ruta tiende a incrementarse. ¿Qué opinión tiene Ud. Al respecto?
26. **Entrevistador:** Que medidas han tomado los gobiernos locales de turno respecto a los accidentes de tránsito que ocurren en la ruta, tengamos presente que dicha ruta involucra al distrito de Cajamarca, Baños del Inca, La Encañada y el Distrito de Celendín. ¿Qué se hace para reducir la accidentalidad vial?
27. **Entrevistador:** Sabemos que nuestra región se encuentra ubicada a 2720 msnm, esto conlleva a que en tiempo de invierno las lluvias son bien fuertes, ¿Cómo afecta la época de lluvias a la transitabilidad de los vehículos en la ruta Cajamarca - Celendín? ¿Los accidentes de tránsito que ocurren en la ruta en tiempo de invierno se dan más debido al factor climatológico?
28. **Entrevistador:** Con lo que respecta a los principales actores involucrados en los accidentes de tránsito. ¿Para Ud. Quienes con los principales responsables de los accidentes de tránsito que ocurren en la ruta Cajamarca – Celendín?
29. **Entrevistador:** Con respecto a la ubicación de los accidentes de tránsito, ¿En qué lugares se dan con mayor frecuencia los accidentes de tránsito?
30. **Entrevistador:** Y de parte de la víctima ¿Cómo piensa usted que ellos podrían quizás superar este trauma de haber tenido que sufrir un accidente de tránsito?
31. **Entrevistador:** ¿Con que frecuencia los conductores que cubren la ruta Cajamarca – Celendín, realizan el mantenimiento vehicular? Y, ¿los conductores tienen la cultura por realizar revisiones básicas a los vehículos antes de empezar el viaje?
32. **Entrevistador:** Y por ejemplo, una mamá, un papá, unos padres que perdieron un hijo en un accidente de tránsito, ¿Cómo se los podría ayudar?
33. **Entrevistador:** Con lo que respecta a los pasajeros;¿Qué tanto influye el comportamiento de las personas en los accidentes?
34. **Entrevistador:** Que medidas debemos tomar para prevenir los accidentes de tránsito que ocurren en la ruta Cajamarca – Celendín.

## **ANEXO 3**

* 1. **VARIABLES NIVEL**

**Tabla 14: Variable nivel con valores reales.**

**(Pérez, W.; 2018)**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Nº | Nombre de Variable | Nemónico | Tipo de variable | Unidad de medida | 2018 |
| 1 | Vehículos accidentados | V.A | NIVEL | Vehículos/Año | 21 |

* 1. **VARIABLES FLUJO**

**Tabla 15: Variables flujo con valores reales.**

**(Pérez, W.; 2018)**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Nº | Nombre de Variable | Nemónico | Tipo de variable | Unidad de medida | 2018 |
| 1 | Vehículos en excesiva velocidad | V.E.V |  | Vehículos/ Año | 5 |
| 2 | Vehículos con conductor somnoliento | V.C.Somn. | Vehículos/ Año | 1 |
| 3 | Vehículos con revisión técnica aprobada | V.R.T.A | Vehículos/Año | 500 |

* 1. **VARIABLES AUXILIARES**

**Tabla 16: Variables auxiliares con valores reales.**

**(Pérez, W.; 2018)**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Nº | Nombre de Variable | Nemónico | Tipo de variable | Unidad de medida | 2018 |
| 1 | Vehículos que trasladan pasajeros que ejercen presión por llegar a su destino en corto tiempo | V.T.P.E.P.L.D.C.T |  | Vehículos/ Año | 3 |
| 2 | Vehículos con conductores ebrios que se quedan dormidos en la ruta mientras conducen. | V.C.E.Q.D.R.M.C | #Conductores ebrios | 0 |
| 3 | Vehículos con conductores en estado de ebriedad | V.C.E.E | Vehículos/Año | 120 |
| 4 | Operativos policiales de tránsito en la ruta Cajamarca - Celendín | O.P.T.R.C.C | Operativos policiales /Año | 48 |
| 5 | Vehículos en la Ruta Cajamarca - Celendín | A.N.T.P.R.C.C | #Vehículos | 500 |
| 6 | Vehículos que cubre la necesidad de transporte público en la ruta Cajamarca-Celendín | V.C.N.T.P.R.C.C. | #Vehículos/Año | 500 |
| 7 | Vehículos con accidente de tránsito mortal | V.A.T.M | #Vehículos/año | 3 |
| 8 | Vehículos con accidente de tránsito graves. | V.A.T.G. | #Vehículos/año | 19 |
| 9 | Vehículos con mantenimiento vehicular | V.M.V. | #Vehículos/año | 500 |
| 10 | Vehículos sancionados por infracción técnica vehicular. | V.S.I.T.V. | #Vehículos/Año | 200 |
| 11 | Vehículos identificados con infracción técnica vehicular | V.I.I.T.V. | #Vehículos/Año | 200 |
| 12 | Campañas de concientización a la población sobre excesiva velocidad de los vehículos públicos | C.C.P.S.E.V.V.P. |  | Campañas/Año | 48 |
| 13 | Vehículos con conductores sometidos a control en paradero de Celendín y/o Cajamarca. | V.C.S.C.P.C.C |  |  |  |

* 1. **VARIABLES TASAS**

**Tabla 17: Tasas con valores reales.**

**(Pérez, W.; 2018)**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Nº | Nombre de Variable | Nemónico | Tipo de variable | Unidad de medida | 2018 |
| 1 | Tasa de vehículos con conductor somnoliento por estado de ebriedad | T.V.C.S.E.E | TASAS | 1/año | 40% |
| 2 | Tasa de vehículos con excesiva velocidad por presión del pasajero | T.V.E.V.P.P | 1/año | 8% |
| 3 | Tasa de vehículos que son intervenidos en operativos policiales | T.V.I.O.P | 1/año | 10% |
| 4 | Tasa de vehículos con conductores en estado de ebriedad | T.V.C.E.E | 1/año | 30% |
| 5 | Tasa de la población de las ciudades de Cajamarca y Celendín que viajan en la ruta | T.P.C.C.C.V.R. | 1/año | 5% |

* 1. **VARIABLES EXOGENAS**

**Tabla 18: Variables exógenas con valores reales.**

**(Pérez, W.; 2018)**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Nº | Nombre de Variable | Nemónico | Tipo de variable | Unidad de medida | 2018 |
| 1 | Pasajero con cultura social que exigen llegar rápido a su destino | P.C.S.E.L.R.D | EXOGENAS | Pasajeros/año | 500 |
| 2 | Entidades públicas involucradas en el transporte público interprovincial | E.P.I.T.P.I | Entidades/año | 6 |
| 3 | Crecimiento del parque automotor en Cajamarca y Celendín | C.P.A.C.C | Vehículos/año | 500 |
| 4 | Crecimiento de la población en las ciudades de Cajamarca y Celendín | C.P.C.C.C | Población/año | 5000 |
| 5 | Fiestas patronales y costumbristas en las provincias de Celendín y Cajamarca | F.P.C.P.C.C. | Fiestas/año | 3 |
| 6 | Entidades policiales encargadas del tránsito en la ruta | E.P.E.T.R | Entidades/año | 4 |