

# REQUERIMIENTO TÉCNICO COMPLETO

## Mapa Interactivo de Acciones Climáticas - Tlaxcala

### 1. RESUMEN

#### Objetivo

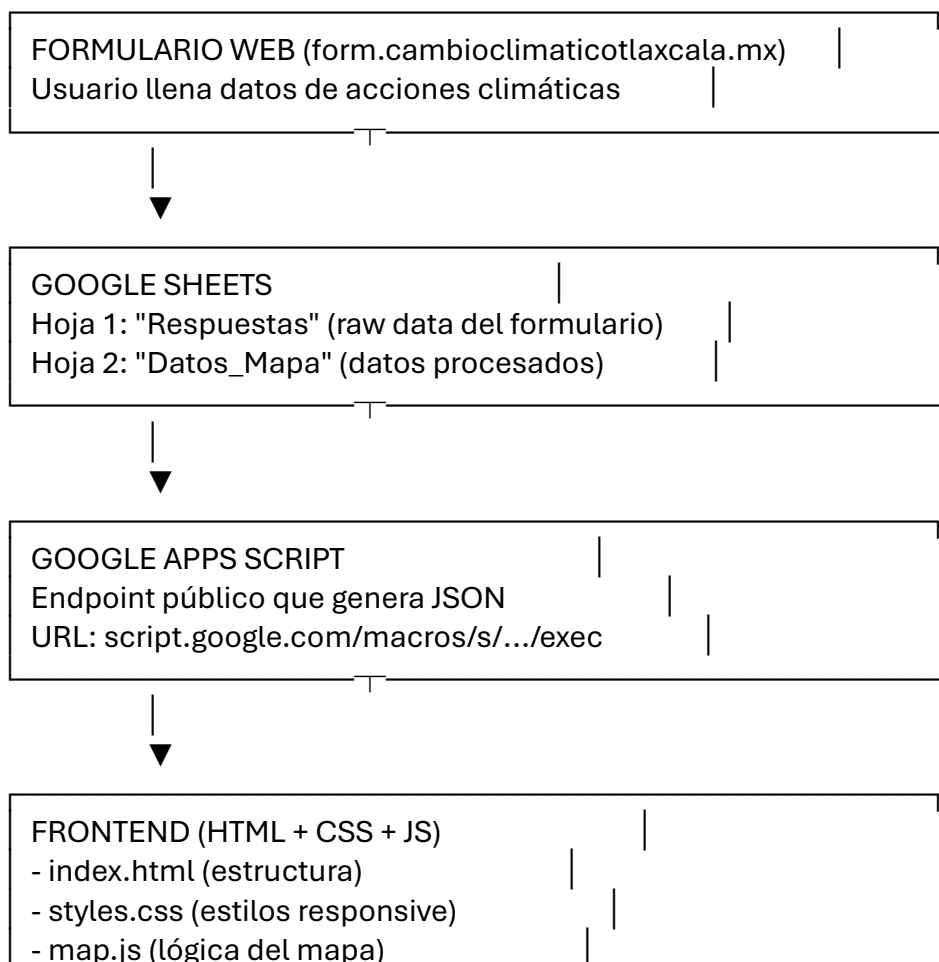
Desarrollar una visualización interactiva de mapa que muestre las acciones de cambio climático en Tlaxcala, con línea de tiempo bidireccional y sistema de clustering, utilizando Google Sheets como fuente de datos y frontend estático (HTML/CSS/JS separados).

#### Tecnología Base

- **Datos:** Google Sheets + Google Apps Script (API JSON). Solo para pruebas, ya que esta pendiente definir realmente desde donde se van a obtener los datos del formulario.
- **Frontend:** HTML5 + CSS3 + JavaScript vanilla (archivos separados)
- **Mapas:** Leaflet.js + Leaflet.markercluster
- **Responsive:** Mobile-first, funcional en desktop/tablet/móvil

### 2. ARQUITECTURA DE DATOS

#### 2.1 Flujo de Información



- data.js (manejo de datos)
- filters.js (sistema de filtros)
- timeline.js (línea de tiempo)

...

---

## ## 3. GOOGLE SHEETS - ESTRUCTURA

### ### 3.1 Hoja "Respuestas" (Raw Data)

Esta hoja recibe los datos directamente del formulario. Las columnas corresponden exactamente a las preguntas del formulario.

**\*\*Columnas principales:\*\***

- A: Timestamp
- B: Dependencia
- C: Nombre responsable llenado
- D: Email responsable llenado
- E: Tipo (Proyecto/Programa)
- F: Nombre del proyecto
- G: Objetivo
- H: Palabras clave
- I: Fecha inicio
- J: Temporalidad
- K: Fecha fin
- L: Área secretaría responsable
- M: Colaboración secretarías (multi-select)
- N: Colaboración gobierno federal (multi-select)
- O: ¿Colabora internacional? (Sí/No)
- P: ¿Colabora otros grupos? (Sí/No)
- Q: Descripción corta (max 500 palabras)
- R: Población objetivo
- S: Actividades (estructura compleja - ver abajo)
- T: Problemáticas
- U: Contribución NDC
- V: Sectores mitigación
- W: Atención pérdidas/daños
- X: Otras contribuciones
- Y: Evidencias (3 links)
- Z: Resultados
- AA: Indicadores evaluación
- AB: Medición éxito
- AC: Resultados finales (si concluyó)

- AD: Barreras implementación
- AE: Ejes PACCET
- AF: Nombre institución
- AG: Titular institución
- AH: Contacto institución
- AI: Responsable nombre
- AJ: Responsable cargo
- AK: Responsable teléfono
- AL: Responsable email

**\*\*Nota sobre Actividades (campo S):\*\***

El formulario permite agregar múltiples actividades con el botón "+ Agregar otra actividad".

Cada actividad tiene:

- Nombre de la actividad
- ¿Es proyecto estatal? (Sí/No)
- Latitud
- Longitud
- Descripción localidad/ejido/municipio

Como Google Sheets no maneja bien estructuras anidadas, este campo contendrá un texto con delimitadores especiales:

```\n

ACT1|||Reforestación Ejido Los Pinos|||No|||19.3187523|||-98.2374867|||Ejido Los Pinos, Tlaxcala~~~

ACT2|||Plantación zona urbana|||No|||19.3567234|||-98.1987654|||Colonia Centro, Tlaxcala~~~

ACT3|||Vivero municipal|||Sí|||19.2987665|||-98.2156789|||Municipio de Tlaxcala

Delimitadores:

- ||| separa campos dentro de una actividad
- ~~~ separa actividades entre sí

### 3.2 Hoja "Datos\_Mapa" (Procesado para API)

Esta hoja transforma los datos raw en un formato optimizado para el mapa. Se puede crear con fórmulas de Google Sheets o manualmente.

**Columnas:**

| Col | Nombre          | Tipo   | Descripción                    |
|-----|-----------------|--------|--------------------------------|
| A   | id              | Número | ID único autogenerado          |
| B   | nombre_proyecto | Texto  | Nombre del proyecto/programa   |
| C   | tipo            | Texto  | "Proyecto" o "Programa"        |
| D   | dependencia     | Texto  | Dependencia gubernamental      |
| E   | fecha_inicio    | Fecha  | YYYY-MM-DD                     |
| F   | fecha_fin       | Fecha  | YYYY-MM-DD (puede estar vacío) |
| G   | temporalidad    | Texto  | Anual, Bianual, etc.           |

| Col | Nombre             | Tipo     | Descripción                              |
|-----|--------------------|----------|------------------------------------------|
| H   | descripcion_corta  | Texto    | Máximo 500 caracteres para popup         |
| I   | poblacion_objetivo | Texto    | Descripción de beneficiarios             |
| J   | palabras_clave     | Texto    | Keywords separadas por comas             |
| K   | ubicaciones_json   | JSON     | Array de ubicaciones (ver formato abajo) |
| L   | total_ubicaciones  | Número   | Cantidad de ubicaciones                  |
| M   | es_multiubicacion  | Booleano | TRUE/FALSE                               |
| N   | problemáticas      | Texto    | Descripción                              |
| O   | sectores           | Texto    | Sectores que contribuyen                 |
| P   | evidencias         | Texto    | URLs separadas por comas                 |
| Q   | responsable_nombre | Texto    | Nombre del responsable                   |
| R   | responsable_email  | Texto    | Email contacto                           |
| S   | color_hex          | Texto    | Color asignado a la dependencia          |
| T   | estado             | Texto    | "Activo", "Concluido", "Planeado"        |

#### Formato de ubicaciones\_json (Columna K):

json

```
[
{
  "nombre": "Ejido Los Pinos",
  "lat": 19.3187523,
  "lng": -98.2374867,
  "localidad": "Ejido Los Pinos, Tlaxcala",
  "es_estatal": false
},
{
  "nombre": "Colonia Centro",
  "lat": 19.3567234,
  "lng": -98.1987654,
  "localidad": "Colonia Centro, Tlaxcala",
  "es_estatal": false
}
]
```

## 4. DATOS FICTICIOS (50 REGISTROS)

### 4.1 Distribución por Dependencia

| Dependencia                                                | Cantidad % |     |
|------------------------------------------------------------|------------|-----|
| Comisión Estatal del Agua y Saneamiento                    | 13         | 26% |
| Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales          | 15         | 30% |
| Secretaría de Desarrollo Rural                             | 10         | 20% |
| Secretaría de Obras Públicas, Desarrollo Urbano y Vivienda | 7          | 14% |

## Dependencia

Secretaría de Desarrollo Económico

## Cantidad %

5 10%

### 4.2 Distribución por Municipio

#### Municipios con más acciones (concentración realista):

- Tlaxcala (capital): 12 acciones
- Apizaco: 8 acciones
- Huamantla: 7 acciones
- Chiautempan: 5 acciones
- Calpulalpan: 4 acciones
- Otros 15 municipios: 14 acciones distribuidas

### 4.3 Distribución Temporal

#### Período Cantidad Estado

|           |    |               |
|-----------|----|---------------|
| 2020-2021 | 8  | Concluido     |
| 2022-2023 | 20 | En ejecución  |
| 2024-2025 | 22 | Activo/Futuro |

### 4.4 Proyectos Multi-ubicación

#### 10 proyectos (20%) tendrán múltiples ubicaciones:

- 6 proyectos con 2 ubicaciones
- 3 proyectos con 3 ubicaciones
- 1 proyecto con 4 ubicaciones

**Total de puntos en el mapa:** ~65 ubicaciones

### 4.5 Ejemplos de Proyectos Ficticios Realistas

#### Comisión del Agua:

1. "Captación de agua pluvial en comunidades rurales"
2. "Sistema de riego tecnificado en zona agrícola"
3. "Rehabilitación de pozos profundos"
4. "Planta tratadora de aguas residuales municipal"

#### Secretaría de Medio Ambiente:

1. "Reforestación de barrancas y zonas degradadas"
2. "Programa de reciclaje comunitario"
3. "Parque ecológico urbano"
4. "Monitoreo de calidad del aire"

#### Secretaría de Desarrollo Rural:

1. "Huertos agroecológicos familiares"
2. "Ganadería regenerativa en ejidos"
3. "Producción de biofertilizantes"
4. "Capacitación en agricultura sostenible"

#### Obras Públicas:

1. "Ciclovías urbanas intermunicipales"
2. "Edificios públicos con paneles solares"
3. "Alumbrado público LED eficiente"

#### Desarrollo Económico:

1. "Incentivos a empresas verdes"
2. "Certificación ambiental para PyMES"
3. "Mercado de productos orgánicos locales"

#### **4.6 Localidades Reales de Tlaxcala para los Datos**

##### **Capital y zona metropolitana:**

- Tlaxcala Centro
- San Pablo Apetatitlán
- Santa Ana Chiautempan
- Panotla
- Totolac

##### **Zona Norte:**

- Calpulalpan
- Nanacamilpa
- Sanctórum de Lázaro Cárdenas
- Emiliano Zapata

##### **Zona Oriente:**

- Huamantla
- Cuapiaxtla
- El Carmen Tequexquitla
- Terrenate

##### **Zona Sur:**

- Zacatelco
- Tepetitla de Lardizábal
- Santa Cruz Tlaxcala
- San Pablo del Monte

##### **Zona Centro:**

- Apizaco
- Tlaxco
- Tetla de la Solidaridad
- Xaloztoc

## **5. GOOGLE APPS SCRIPT - ESPECIFICACIÓN**

### **5.1 Funcionalidad del Script**

El script debe:

1. Leer la hoja "Datos\_Mapa"
2. Convertir cada fila en un objeto JSON
3. Parsear el campo ubicaciones\_json de texto a array
4. Devolver un JSON estructurado
5. Permitir CORS para acceso público
6. Cachear respuesta por 5 minutos (opcional)

### **5.2 Estructura del JSON Devuelto**

```
json
{
  "status": "success",
```

```
"total": 50,
"ultima_actualizacion": "2025-10-30T14:30:00Z",
"metadata": {
  "dependencias": [
    "Comisión Estatal del Agua y Saneamiento",
    "Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales",
    ...
  ],
  "rango_temporal": {
    "min": "2020-01-15",
    "max": "2025-12-31"
  },
  "total_ubicaciones": 65
},
"acciones": [
  {
    "id": 1,
    "nombre_proyecto": "Captación de agua pluvial en comunidades rurales",
    "tipo": "Proyecto",
    "dependencia": "Comisión Estatal del Agua y Saneamiento",
    "fecha_inicio": "2023-03-15",
    "fecha_fin": null,
    "temporalidad": "Anual",
    "descripcion_corta": "Instalación de sistemas de captación pluvial en 5 comunidades para uso doméstico y agrícola",
    "poblacion_objetivo": "250 familias de comunidades rurales",
    "palabras_clave": "agua, captación, pluvial, rural",
    "ubicaciones": [
      {
        "nombre": "San José Teacalco",
        "lat": 19.283456,
        "lng": -98.345678,
        "localidad": "San José Teacalco, Tlaxcala",
        "es_estatal": false
      },
      {
        "nombre": "Santa Cruz Pocitos",
        "lat": 19.295123,
        "lng": -98.356789,
        "localidad": "Santa Cruz Pocitos, Tlaxcala",
        "es_estatal": false
      }
    ],
    "total_ubicaciones": 2,
```

```

    "es_multiubicacion": true,
    "problematicas": "Escasez de agua en temporada de estiaje",
    "sectores": "Abastecimiento de agua",
    "evidencias": [
      "https://drive.google.com/ejemplo1",
      "https://drive.google.com/ejemplo2"
    ],
    "responsable_nombre": "Ing. María González",
    "responsable_email": "maria.gonzalez@tlaxcala.gob.mx",
    "color_hex": "#2196F3",
    "estado": "Activo"
  },
  ...
]
}
` ``

```

### ### 5.3 Parámetros Opcionales del Endpoint

El script debe aceptar parámetros GET para filtrado:

- `?dependencia=Secretaría de Medio Ambiente` - Filtra por dependencia
- `?tipo=Proyecto` - Filtra por tipo
- `?fecha\_desde=2023-01-01` - Acciones desde esta fecha
- `?fecha\_hasta=2024-12-31` - Acciones hasta esta fecha
- `?municipio=Tlaxcala` - Filtra por municipio (busca en campo localidad)
- `?minimal=true` - Devuelve solo campos esenciales para el mapa (más rápido)

**\*\*Ejemplo de uso:\*\***

```

` ``
https://script.google.com/macros/s/.../exec?dependencia=Comisión del
Agua&fecha_desde=2023-01-01
` ``

```

---

### ### 6. FRONTEND - ESTRUCTURA DE ARCHIVOS

```

` ``
proyecto/
|
|— index.html    # Estructura principal
|— css/
|   |— styles.css # Estilos generales

```



```

├── map.css      # Estilos específicos del mapa
├── responsive.css # Media queries
├── js/
│   ├── config.js  # Configuración (URL del API, colores, etc.)
│   ├── data.js    # Manejo de datos (fetch, caché, procesamiento)
│   ├── map.js     # Lógica del mapa (Leaflet, markers, clusters)
│   ├── filters.js # Sistema de filtros
│   ├── timeline.js # Línea de tiempo bidireccional
│   ├── popup.js   # Generación de popups
│   └── main.js    # Inicialización y orquestación
├── assets/
│   ├── images/
│   │   └── logo-tlaxcala.png
│   ├── icons/
│   │   ├── marker-proyecto.png
│   │   ├── marker-programa.png
│   │   └── marker-multi.png
├── data/
│   └── mock-data.json # (Solo para desarrollo sin internet)
└── ...

```

— — —

## ## 7. COMPONENTES DEL FRONTEND

### ### 7.1 index.html - Estructura

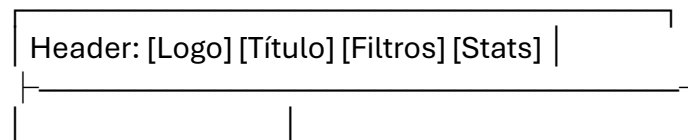
**\*\*Secciones principales:\*\***

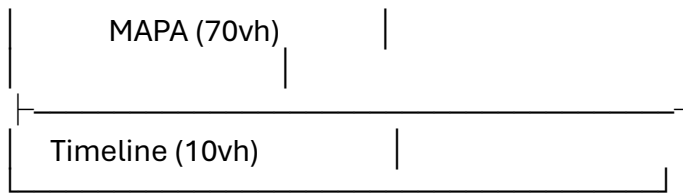
1. **\*\*Header\*\*** - Logo, título, filtros, estadísticas
2. **\*\*Mapa\*\*** - Contenedor Leaflet responsive
3. **\*\*Timeline\*\*** - Control de línea de tiempo
4. **\*\*Modales\*\*** (opcional) - Para detalles completos de acción

**\*\*Layout responsive:\*\***

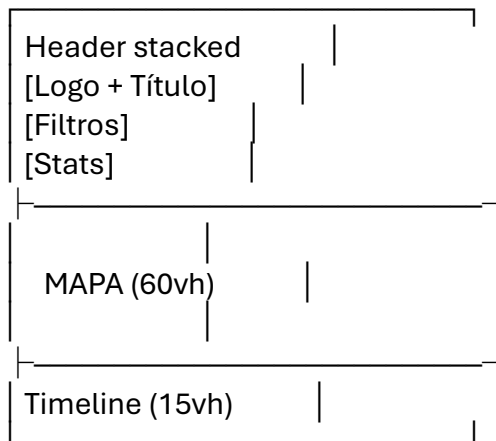
...

Desktop (>1024px):

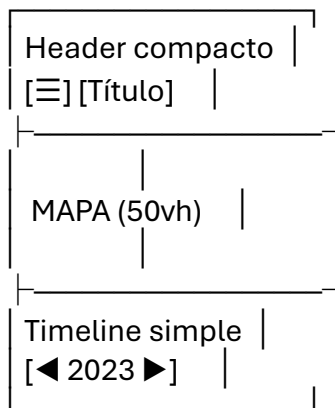




Tablet (768-1023px):



Móvil (<767px):



...

### ### 7.2 Componentes Interactivos

#### #### Header

- **Logo**: Escudo de Tlaxcala
- **Título**: "Acciones Climáticas - Tlaxcala"
- **Filtros**:
  - Dropdown: Dependencias
  - Dropdown: Tipo (Proyecto/Programa)
  - Dropdown: Estado (Activo/Concluido/Planeado)

- Input: Búsqueda por palabra clave
- Botón: Limpiar filtros
- Botón: Exportar CSV
- **Estadísticas**: "Mostrando X de Y acciones"

#### #### Mapa

- **Controles Leaflet**:
  - Zoom +/-
  - Botón "Centrar en Tlaxcala"
  - Selector de capa base (Opcional: mapa/satélite)
- **Clusters**:
  - Números grandes para clusters
  - Colores según densidad
  - Animación al expandir
- **Markers individuales**:
  - Color según dependencia
  - Ícono según tipo
  - Badge si es multi-ubicación
  - Tooltip al hover con nombre
  - Popup al click con detalles



#### #### Línea de Tiempo




- **Controles**:
  - Doble slider (inicio y fin)
  - Etiquetas de años
  - Display del rango seleccionado: "2022 - 2024"
- **Visualización**:
  - Histograma de fondo mostrando densidad de acciones por año
  - Animación suave al mover
- **Interacción bidireccional**:
  - Al mover slider → mapa se filtra
  - Al hacer zoom en mapa → slider ajusta rango visible

### ### 7.3 Popups





#### #### Popup Individual (1 ubicación)

...





|                                                                                     |                           |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|--|
|  | Comisión del Agua         |  |
|                                                                                     | Captación de agua pluvial |  |
|  | San José Teacalco         |  |

|                                                                                                             |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  15/03/2023 - Activo       |  |
|  Temporalidad: Anual       |  |
| Instalación de sistemas de captación pluvial en 5...                                                        |  |
|  250 familias beneficiadas |  |
| [Ver detalle completo]                                                                                      |  |

#### #### Popup Multi-ubicación

|                                                                                                             |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  Comisión del Agua         |  |
| Captación de agua pluvial                                                                                   |  |
|  Proyecto en 2 ubicaciones |  |
| Ubicaciones:                                                                                                |  |
|  1 San José Teacalco     |  |
|  2 Santa Cruz Pocitos    |  |
| [Ver todas las ubicaciones] [Detalle]                                                                       |  |

#### #### Popup Cluster

|                                                                                                                                                |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  8 actividades en esta zona                                 |  |
|  Captación pluvial (2 sitios)<br>Comisión del Agua   2023   |  |
|  Reforestación barrancas (1 sitio)<br>Medio Ambiente   2024 |  |
|  Huertos familiares (3 sitios)<br>Desarrollo Rural   2023   |  |
| + 2 acciones más                                                                                                                               |  |

||  
[Hacer zoom para ver detalles] ||  
||

---

## ## 8. LÓGICA DE INTERACCIÓN

### ### 8.1 Carga Inicial

1. Mostrar loading spinner
2. Fetch a Google Apps Script API
3. Si falla → usar datos mock locales
4. Procesar datos (crear índices, calcular estadísticas)
5. Renderizar mapa centrado en Tlaxcala
6. Renderizar línea de tiempo con rango completo
7. Poblar filtros con valores únicos
8. Ocultar loading

### ### 8.2 Filtrado

**\*\*Flujo cuando usuario aplica filtro:\*\***

```\n

Usuario selecciona filtro

↓

Actualizar array filteredAcciones

↓

Re-renderizar markers en mapa

↓

Recalcular clusters

↓

Actualizar estadísticas (X de Y acciones)

↓

Ajustar rango de línea de tiempo (opcional)

```\n

**\*\*Tipos de filtros:\*\***

- **\*\*Dependencia\*\***: Muestra solo acciones de esa dependencia
- **\*\*Tipo\*\***: Proyectos vs Programas
- **\*\*Estado\*\***: Activo, Concluido, Planeado
- **\*\*Búsqueda\*\***: Busca en nombre, descripción, palabras clave
- **\*\*Timeline\*\***: Filtra por rango de fechas

**\*\*Combinación de filtros:\*\***

Los filtros se aplican con lógica AND:

- Dependencia: "Comisión del Agua" AND

- Tipo: "Proyecto" AND

- Timeline: 2023-2024

→ Muestra solo proyectos de la Comisión del Agua entre 2023-2024

### ### 8.3 Línea de Tiempo Bidireccional

#### Usuario mueve slider de timeline:

```

1. Capturar valores de inicio y fin
2. Filtrar acciones por fecha\_inicio entre ese rango
3. Re-renderizar mapa con acciones filtradas
4. Actualizar estadísticas
5. Animar transición de markers

```

#### Usuario hace zoom en el mapa:

```

1. Detectar bounds visibles del mapa
2. Identificar acciones dentro de esos bounds
3. Calcular rango temporal de esas acciones
4. Ajustar sliders de timeline a ese rango (con animación)
5. Actualizar label del rango visible

```

**\*\*Nota\*\*:** Esta sincronización es opcional y puede desactivarse con un toggle.

### ### 8.4 Proyectos Multi-ubicación

**\*\*Al hacer clic en "Ver todas las ubicaciones":\*\***

```

1. Resaltar TODAS las ubicaciones del proyecto en el mapa
2. Dibujar líneas punteadas conectando los puntos
3. Atenuar (opacity 0.3) el resto de markers
4. Hacer zoom para mostrar todas las ubicaciones
5. Botón "Cerrar vista" para regresar

**Visualización de conexión:**

- Polígono semitransparente (color de dependencia, alpha 0.2)
- O líneas punteadas entre puntos
- Markers del proyecto destacados con borde grueso

## 9. ESTILOS Y DISEÑO

### 9.1 Paleta de Colores

## Colores por Dependencia:

CSS

Comisión del Agua: #2196F3 (azul)

Medio Ambiente: #4CAF50 (verde)

Desarrollo Rural: #795548 (café tierra)

Obras Públicas: #FF9800 (naranja)

Desarrollo Económico: #9C27B0 (morado)

## Colores del Sistema:

CSS

Primary: #5e3b8c (morado gubernamental Tlaxcala)

Secondary: #c89f3e (dorado)

Background: #f5f5f5 (gris claro)

Text: #333333

Borders: #dddddd

Success: #4CAF50

Warning: #FF9800

Error: #F44336

## 9.2 Tipografía

- **Headings:** 'Montserrat', sans-serif (Google Fonts)
- **Body:** 'Open Sans', sans-serif (Google Fonts)
- **Fallback:** system-ui, sans-serif

## 9.3 Iconografía

- **Markers:** Custom SVG o PNG (32x32px)
- **UI Icons:** Font Awesome 6 o Lucide Icons
- **Loading:** CSS spinner animado

## 9.4 Responsive Breakpoints

CSS

*/\* Móvil pequeño \*/*

@media (max-width: 480px) { ... }

*/\* Móvil grande \*/*

@media (min-width: 481px) and (max-width: 767px) { ... }

*/\* Tablet \*/*

@media (min-width: 768px) and (max-width: 1023px) { ... }

*/\* Desktop \*/*

@media (min-width: 1024px) { ... }

*/\* Desktop grande \*/*

@media (min-width: 1440px) { ... }

```\n

## ### 9.5 Ajustes Móviles Específicos

### **\*\*Mapa:\*\***

- Touch gestures habilitados (pinch zoom, drag)
- Botones más grandes (mínimo 44x44px)
- Popups más compactos
- Controles reposicionados (abajo derecha)

### **\*\*Filtros:\*\***

- Colapsables en un drawer/sidebar
- Botón hamburguesa para abrir
- Overlay oscuro al abrir filtros

### **\*\*Timeline:\*\***

- Simplificado a selector de año único en móvil
- O mantener doble slider pero más grande

---

## **## 10. FUNCIONALIDADES AVANZADAS**

### **### 10.1 Exportación CSV**

**\*\*Al hacer clic en "Exportar CSV":\*\***

1. Tomar acciones actualmente filtradas
2. Convertir a formato CSV con columnas:
  - ID, Nombre, Tipo, Dependencia, Fecha Inicio, Fecha Fin, Estado, Ubicaciones, Población Objetivo, Responsable
3. Generar blob
4. Descargar archivo: `acciones-climaticas-tlaxcala-YYYY-MM-DD.csv`

### **### 10.2 Búsqueda por Texto**

- Busca en: nombre\_proyecto, descripcion\_corta, palabras\_clave, localidad
- Mínimo 3 caracteres para activar
- Debounce de 300ms
- Resaltar matches en resultados

### **### 10.3 Deep Linking (Opcional)**

Compartir URL con filtros aplicados:

`,`

<https://mapa.tlaxcala.gob.mx/?dependencia=ComisionAgua&fecha=2023-2024&zoom=12&lat=19.318&lng=-98.237>

## **10.4 Vista de Detalle Completa**

**Modal o página separada con:**

- Toda la información del formulario
- Mapa pequeño con ubicación(es)



- Galería de evidencias (imágenes/docs)
- Datos de contacto
- Botón "Descargar PDF" (genera PDF con jsPDF)

### **10.5 Caché Local**

- Guardar respuesta del API en localStorage
- TTL de 30 minutos
- Si hay caché válido, cargar instantáneamente
- Fetch en background para actualizar

## **11. PERFORMANCE Y OPTIMIZACIÓN**

### **11.1 Carga Inicial**

- Lazy load de imágenes en popups
- Defer/async en scripts no críticos
- Minificar CSS/JS en producción
- Comprimir JSON response (gzip)

### **11.2 Renderizado del Mapa**

- Limitar markers visibles a viewport
- Clustering agresivo en zoom lejano
- Throttle en eventos de zoom/pan (100ms)
- Virtual scrolling en listas grandes

### **11.3 Memoria**

- Destruir popups cerrados
- Limpiar listeners al remover markers
- Limitar historial de acciones (últimas 100)

## **12. ACCESIBILIDAD (WCAG 2.1 AA)**

### **12.1 Contraste**

- Texto sobre fondo: mínimo 4.5:1
- Elementos grandes: mínimo 3:1
- Verificar con herramientas como WAVE

### **12.2 Navegación por Teclado**

- Tab order lógico
- Focus visible en todos los controles
- Enter/Space para activar botones
- Escape para cerrar modales/popups

### **12.3 Screen Readers**

- alt descriptivo en imágenes
- ARIA labels en controles sin texto
- role apropiado en componentes
- Live regions para cambios dinámicos

### **12.4 Zoom**

- Funcional hasta 200% sin scroll horizontal
- Texto no pixelado (usar rem/em)

## **13. TESTING Y QA**

### **13.1 Navegadores Soportados**

- Chrome/Edge 90+
- Firefox 88+
- Safari 14+
- Chrome Mobile (Android)
- Safari Mobile (iOS)

### **13.2 Casos de Prueba**

#### **Funcionalidad básica:**

- ✓ Mapa carga correctamente
- ✓ Clusters funcionan
- ✓ Popups se abren/cierran
- ✓ Filtros aplican correctamente
- ✓ Timeline sincroniza con mapa
- ✓ Exportación CSV funciona

#### **Edge cases:**

- ✓ Sin conexión a internet (usa mock data)
- ✓ API demora >5 segundos (timeout)
- ✓ Proyecto sin ubicaciones válidas (se omite)
- ✓ Fecha inicio > fecha fin (validación)
- ✓ 0 resultados después de filtrar (mensaje amigable)

#### **Responsive:**

- ✓ Móvil 320px (iPhone SE)
- ✓ Móvil 375px (iPhone 12)
- ✓ Tablet 768px (iPad)
- ✓ Desktop 1920px

#### **Performance:**

- ✓ Carga inicial < 3 segundos
- ✓ Smooth a 60fps en interacciones
- ✓ Memory leaks (test prolongado 30min)

## **14. DOCUMENTACIÓN REQUERIDA**

### **14.1 Para Desarrolladores**

- README.md con instrucciones de setup
- Comentarios en código (JSDoc)
- Diagrama de flujo de datos
- Lista de dependencias y versiones

### **14.2 Para Usuarios Finales**

- Manual de uso (PDF)
- Video tutorial (3-5 minutos)
- FAQ (preguntas frecuentes)

### **14.3 Para Administradores**

- Guía de actualización de Google Sheets
- Cómo agregar nueva dependencia/color

- Troubleshooting común
- Contacto de soporte técnico

## **15. CRONOGRAMA ESTIMADO**

### **Fase 1: Setup y Datos (2-3 días)**

- Crear Google Sheet con estructura
- Generar 50 datos ficticios realistas
- Configurar Google Apps Script
- Probar endpoint JSON

### **Fase 2: Frontend Base (3-4 días)**

- HTML estructura
- CSS estilos responsive
- Integración Leaflet
- Carga y visualización de datos

### **Fase 3: Funcionalidades Core (3-4 días)**

- Sistema de filtros
- Línea de tiempo bidireccional
- Clustering y popups
- Manejo de multi-ubicación

### **Fase 4: Pulido y Testing (2-3 días)**

- Responsive en todos los dispositivos
- Optimización de performance
- Testing de navegadores
- Corrección de bugs